Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Inovação e tecnologia nas CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Ano 2021

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Inovação e tecnologia nas CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Ano 2021

Inovação e tecnologia nas ciências agrárias

Diagramação:	Camila Alves de Cremo
Correção:	Maiara Ferreira
Indexação:	Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão:	Os autores
Organizadores:	Pedro Henrique Abreu Moura Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I58 Inovação e tecnologia nas ciências agrárias / Organizadores Pedro Henrique Abreu Moura, Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-724-3
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.243211612

1. Ciências agrárias. I. Moura, Pedro Henrique Abreu (Organizador). II. Monteiro, Vanessa da Fontoura Custódio (Organizadora). III. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A área de Ciências Agrárias reúne conhecimentos relacionados à agricultura, pecuária e conservação dos recursos naturais. A pesquisa nessa área é importante para o desenvolvimento de produtos, processos ou serviços para as cadeias produtivas de vegetais, animais e desenvolvimento rural.

Destaca-se que a inovação e tecnologia devem ser aliadas na incorporação de práticas sustentáveis no campo, garantindo às gerações futuras a capacidade de suprir as necessidades de produção e qualidade de vida no planeta.

O livro foi dividido em dois volumes, sendo que neste primeiro volume *"Inovação e tecnologia nas Ciências Agrárias"* são apresentados 21 capítulos voltados à agricultura, com pesquisas sobre a qualidade do solo, fruticultura, culturas anuais, controle de pragas, agroecossistemas, propagação *in vitro* de orquídea, fertilização, interação entre fungos e sistemas agroflorestais, a relação da agricultura e o consumo de água, entre outros.

O segundo volume reúne 19 capítulos com temas diversos, como a agricultura familiar como forma de garantir a produção agrícola, o uso das tecnologias da informação e comunicação no ensino e aprendizagem de estudantes de Técnico Agropecuário no México, utilização de geoprocessamento para estudar a dinâmica de pastagens, relação entre pecuária e desflorestamento, estatística em experimentos agronômicos, bem como vários trabalhos voltados para pecuária e medicina veterinária.

Agradecemos a cada autor pela escolha da Atena Editora para a publicação de seu trabalho.

Aos leitores, desejamos uma excelente leitura e convidamos também para apreciarem o segundo volume do livro.

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

ASPECTOS RELEVANTES DA SEMEADURA DIRETA NA QUALIDADE DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS

Data de aceite: 01/12/2021

Maurilio Fernandes de Oliveira
DSc. Produção Vegetal, Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG

Raphael Bragança Alves Fernandes
DSc. Solos e Nutrição de Plantas, Professor Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, MG

Onã da Silva Freddi
Dsc. Produção Vegetal, Professor Universidade Federal Mato Grosso
SINOP, MT

Camila Jorge Bernabé Ferreira
DSc. Agronomia, Professora Universidade de Rio Verde
Rio Verde, GO

Rose Luiza Moraes Tavares
DSc. Engenharia Agrícola, Professora Universidade de Rio Verde
Rio Verde, GO

RESUMO: O uso de diferentes tecnologias na produção de grãos no Brasil nas últimas décadas proporcionou expressivos incrementos na produtividade. A adoção da semeadura direta foi marcante, mas ainda existem áreas que adotam as práticas do sistema convencional, com a aração e a gradagem (IBGE, 2017). Neste levantamento, o uso de preparo de solo não está caracterizado por tamanho de propriedades ou locais de adoção, todavia esta prática parece estar associada a propriedades de tamanho pequeno ou médio. Esta redução de área de preparo convencional tem sido caracterizada por crescimento da área de sistema plantio direta (Llanillo, 2013), ainda que uma das premissas desta técnica seja frequentemente não adotada. A estimativa IBGE em 2006 dava conta da existência de 25,6 milhões de hectares de plantio direto na palha no Brasil, estudo realizado por Llanillo et al. (2013) indicou que, para o mesmo ano, de acordo com tabulações avançadas do Censo Agropecuário, tal área era de 17,8 milhões de ha. Ainda pelo Censo Agropecuário 2006, foram totalizados 3,8 milhões de ha em cultivo mínimo, 3,1 milhões de ha em sistemas mistos de cultivo mínimo e preparo convencional e 11,8 milhões de ha em preparo convencional, nos 36,6 milhões de ha de lavouras temporárias no país (Llanillo, 2013). Estima-se que atualmente, cerca de apenas 10% das áreas sob sistema plantio direto seguem corretamente os seus preceitos de não revolvimento do solo, manutenção de palhada e rotação de culturas (EMBRAPA, 2015). O que tem se observado é a “simplificação” das lavouras para semeadura sem revolvimento integral do solo, sendo verificadas muitas áreas de sucessão de culturas (Ex.: soja/pousio, soja/milho safrinha e soja/trigo) devido a sua maior rentabilidade e facilidade de cultivo. Em função disso, muitos agricultores não têm investido na produção de plantas de cobertura, um dos pilares do sistema plantio direto. Na realidade o que se observa é a semeadura da cultura diretamente sobre a palhada da cultura anterior e de plantas espontâneas previamente dessecadas. Ainda assim, incrementos no

rendimento das culturas têm sido observados. Entretanto, a adoção completa do sistema plantio direto com a introdução de culturas de cobertura num esquema de rotação aumenta consideravelmente o sucesso da prática, com reflexos potencialmente positivos sobre a produtividade das culturas e melhoria do ambiente edáfico. Apesar dos benefícios já conhecidos da adoção da semeadura direta, recentemente, a literatura tem descrito impactos não esperados decorrentes da prática. Variações nos rendimentos anuais ou mesmo sua redução em algumas áreas são exemplos desses impactos, o que frequentemente é associado à compactação do solo (Embrapa, 2020). Estas variações são mais acentuadas em anos de precipitações irregulares ou menores que a média anual local. Outro impacto relatado tem sido a concentração de nutrientes na camada superficial do solo em função do não revolvimento do solo. Este capítulo discute esses impactos não esperados, associando sua gênese, principalmente, à falta de investimento no pilar cobertura do solo/cultura de inverno no plantio direto adotado em algumas áreas do país. Em adição, o capítulo descreve e discute novos resultados obtidos numa área de produção de grãos no Latossolo Vermelho distrófico argiloso em uma unidade da Embrapa, em Sete Lagoas-MG, que, durante 26 anos, tem sido manejada com diferentes métodos de preparo do solo. Apesar da falta de estimativa da representatividade deste Latossolo nas áreas produtoras de grãos, há similaridade da textura em relação aos outros Latossolos (Manzatto et al., 2002). Embora as observações e conclusões obtidas possam não ser aplicadas para generalizações para outros tipos de Latossolos e outras regiões, os resultados são relevantes para a reflexão e tomada de decisão dos que acreditam na viabilidade e sucesso do sistema plantio direto no Brasil.
PALAVRAS-CHAVE: Sistemas preparo de solo.

O uso de diferentes tecnologias na produção de grãos no Brasil nas últimas décadas proporcionou expressivos incrementos na produtividade. A adoção da semeadura direta foi marcante, mas ainda existem áreas que adotam as práticas do sistema convencional, com a aração e a gradagem (IBGE, 2017). Neste levantamento, o uso de preparo de solo não está caracterizado por tamanho de propriedades ou locais de adoção, todavia esta prática parece estar associada a propriedades de tamanho pequeno ou médio.

A redução na utilização do preparo convencional pelos agricultores tem sido caracterizada pelo aumento do uso do sistema plantio direto (LLANILLO, 2013), ainda que uma das premissas desta técnica, que é o plantio sobre palhada seja frequentemente não adotada. Segundo levantamento do IBGE existiam em 2006 cerca de 25,6 milhões de hectares utilizando o sistema plantio direto no Brasil. Em estudo realizado por Llanillo et al. (2013) indicou que, para o mesmo ano, de acordo com tabulações avançadas do Censo Agropecuário, tal área era de 17,8 milhões de ha. Segundo esses atuores, foram totalizados 3,8 milhões de ha em cultivo mínimo, 3,1 milhões de ha em sistemas mistos de cultivo mínimo e preparo convencional e 11,8 milhões de ha em preparo convencional, nos 36,6 milhões de ha de lavouras temporárias no país. Estima-se que cerca de apenas 10% das áreas sob sistema plantio direto seguem corretamente os seus preceitos de não revolvimento do solo, manutenção de palhada e rotação de culturas (EMBRAPA, 2014). O

que tem se observado é a “simplificação” das lavouras para semeadura sem revolvimento integral do solo, sendo verificadas muitas áreas de sucessão de culturas (Ex.: soja/pousio, soja/milho safrinha e soja/trigo) devido a sua maior rentabilidade e facilidade de cultivo.

Em função disso, muitos agricultores não têm investido na produção de plantas de cobertura, um dos pilares do sistema plantio direto. Na realidade o que se observa é a semeadura da cultura diretamente sobre a palhada da cultura anterior e de plantas daninhas previamente dessecadas. Ainda assim, incrementos no rendimento das culturas têm sido observados. Entretanto, a adoção completa do sistema plantio direto, com a introdução de culturas de cobertura num esquema de rotação aumenta consideravelmente o sucesso da prática, com reflexos potencialmente positivos sobre a produtividade das culturas e melhoria do ambiente edáfico.

Atualmente as principais plantas de cobertura pertencem a família das leguminosas e gramíneas. As leguminosas são caracterizadas por possuir uma relação C/N baixa que confere uma rápida decomposição e liberação de nutrientes. As gramíneas destacam por sua elevada relação C/N que confere a palhada uma longevidade ao solo e portanto, maior proteção à erosão do solo.

A palhada produzida no SPD é vantajosa para o sistema, através das melhorias nas propriedades do solo, principalemnte na região Centro-Oeste. Isto por se tratar de uma região tropical com distribuição de chuvas não uniforme e temperaturas elevadas quase o ano todo, o que acelera a decomposição da palhada, e dependendo do tipo de resíduo vegetal, pode deixar o solo descoberto e exposto. Este fato pode afetar funções do solo como o armazenamento de água, principalmente no período mais seco do ano (abril-setembro) podendo a safrinha pegar este período quando do plantio atrasado.

Apesar dos benefícios já conhecidos da adoção da semeadura direta, recentemente, a literatura tem descrito impactos não esperados decorrentes da prática. Variações nos rendimentos anuais ou mesmo sua redução em algumas áreas são exemplos desses impactos, o que frequentemente é associado à compactação do solo (EMBRAPA, 2020). Estas variações são mais acentuadas em anos de precipitações irregulares ou menores que a média anual local. Outro impacto relatado tem sido a concentração de nutrientes na camada superficial do solo em função do não revolvimento. Este capítulo discute esses impactos não esperados, associando sua gênese, principalmente, à falta de investimento no pilar cobertura do solo/cultura de inverno no plantio direto adotado em algumas áreas do país.

Em adição, o capítulo descreve e discute novos resultados obtidos numa área de produção de grãos no Latossolo Vermelho distrófico argiloso na Embrapa, em Sete Lagoas-MG, que, durante 26 anos, tem sido manejada com diferentes métodos de preparo do solo. Embora as observações e conclusões obtidas possam não ser aplicadas para generalizações para outros tipos de Latossolos e outras regiões, os resultados são relevantes para a reflexão e tomada de decisão dos que acreditam na viabilidade e sucesso

do sistema plantio direto no Brasil.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A compactação em solos agrícolas e cultivados intensivamente por máquinas que exercem maior pressão sobre o solo tem limitado a produtividade das culturas anuais (HAMZA & ANDERSON, 2005).

A compactação excessiva caracteriza-se por aumento da densidade do solo, redução da porosidade, muitas vezes, da macroporosidade, e aumento na resistência do solo à penetração (FREDDI et al., 2007; CAMPOS, 2016; NGOLO, 2019), diminuição do volume de solo explorado pelas raízes em busca de água e nutrientes, redução na infiltração da água no solo podendo limitar a disponibilidade de oxigênio às raízes. Isto pode limitar a absorção de nutrientes pelas plantas, a infiltração e a redistribuição de água no solo, as trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular no perfil do solo (BICKI; SIEMENS, 1991), causando potencialmente perdas de produção, aumento da erosão e incrementos na energia necessária para o preparo do solo (SOANE, 1990).

Estima-se que, as perdas produtivas decorrentes da compactação do solo podem representar até 50 sacas de milho e 30 sacas de soja por hectare, sendo que, dependendo das condições climáticas esses números podem ser ainda mais elevados (FEBRAPD, 2019). Contrariamente, resultados de Oliveira et al. (2014) e Campos (2016) descrevem produtividades de milho similares nos sistemas de preparo convencional e na semeadura direta, 20 anos após a instalação do experimento. Para Bergamin et al. (2015) não há consenso geral sobre o grau de compactação do solo que afeta a produtividade das culturas.

Segundo Montanha et al. (2016), a necessidade dos agricultores de enfrentar os problemas de compactação dos solos faz com que eles dependam do uso, cada vez mais frequente de implementos de mobilização do solo, como escarificadores e subsoladores (SPERA et al., 2018a). Contudo, deve ser levado em consideração que essas práticas são de elevado custo operacional e cujos efeitos no solo podem ser de curta duração (NUNES et al., 2019).

Acredita-se que o efeito da compactação possa ser revertido com o aumento do tempo de adoção do sistema plantio direto principalmente quando o manejo envolve incremento de matéria orgânica via palhada, rotação de culturas, uso de plantas de cobertura, etc. Altman (2010) sugere que para instalação do SPD é necessário, como primeiro passo, realizar a correção química (calagem/adubação) e física (descompactação) do solo em profundidade. Isto confere nos primeiros anos (0-5 anos) instabilidade do sistema com flutuações na produtividade, pois o solo encontra-se em franca evolução, com reordenamento de suas partículas e intensa atividade microbiana.

No período de 5-10 anos o solo encontra-se com partículas mais agregadas com maior acúmulo de palhada e carbono no solo, com recuperação da produtividade. Nesta

fase, maior adensamento do solo é notado e dependendo do manejo, a ocorrência de forte compactação.

Enquanto que em 10-20 anos observa-se o período considerado consolidado com melhorias nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo. Neste período, há tendência de maior ciclagem de nutrientes, armazenamento de água e diminuição dos níveis de compactação do solo, através do incremento de carbono via palhada e descompactação biológica por plantas de cobertura. E por fim, a fase de manutenção, com mais de 20 anos de adoção do sistema, o qual tende a apresentar estabilidade e fortes sinergismos dos fatores de produção em sincronia com os agentes naturais e as necessidades da planta (Altman, 2010).

Sabe-se, porém, que a maioria das áreas agrícolas, principalmente no Centro-Oeste não conseguiram atingir este padrão evolutivo de produção, pois nos primeiros sinais de compactação, o solo geralmente é revolvido, interrompendo o sistema e retornando à sua fase inicial.

O diagnóstico da compactação e de outras variáveis da qualidade do solo tem sido avaliado pelo produtor rural por meio de observações a campo do aspecto visual das plantas cultivadas, principalmente do sistema radicular dessas culturas. Este tipo de avaliação, quando feita pelo agricultor, já não é mais passível de diagnóstico para uma tomada de decisão assertiva, já que a cultura encontra implementada e em pleno cultivo.

Do exposto acima, observa-se que outros fatores, que não as modificações dos atributos físicos do solo, relacionam-se com a variabilidade na produtividade das culturas. Em algumas situações, erroneamente, estes fatores são associados à compactação.

Há carência de resultados que descrevam os atributos físicos, de fertilidade e biológicos dos solos de textura argilosa, média e arenosa, além da caracterização dos sistemas produtivos das culturas sob estes solos, com e sem compactação. Com base nos atributos de solo avaliados juntamente com as informações fitotécnicas dos sistemas produtivos pode-se realizar o diagnóstico da compactação nos diferentes tipos de solos.

Com isso, será possível fazer o detalhamento dos efeitos da compactação no solo e no sistema produtivo, além da possibilidade de isolar os efeitos não relacionados à compactação.

Técnicas que integram maior número de variáveis permitirão um diagnóstico prévio e assertivo e contribuirá de maneira eficiente para os produtores rurais, reduzindo perdas e aumentando a lucratividade. Com adoção de técnicas usando muitas variáveis, espera-se a integração dos fatores limitantes à produção agrícola, de forma fácil e interpretativa, por meio de programas computacionais e aplicativos. Todavia, esta camada compactada parece ser equivocadamente diagnosticada em algumas situações, a exemplo quando da mensuração da resistência do solo à penetração em períodos de baixa precipitação pluvial ou após a colheita das culturas.

Além disso, tem-se sido comum a descrição da instabilidade na produtividade

das culturas em áreas com maior disponibilidade de nutrientes somente na superfície. Isto porque a não correção do perfil do solo adequadamente, como a distribuição superficial de corretivos em condições de semeadura direta e a não incorporação deste subsequentemente acarreta perfil do solo com camada corrigida superficialmente e a permanência da acidez em subsuperfície (SPERA et al. 2018b; NGOLO, 2019). Isto promove condição para crescimento do sistema radicular em superfície. Nesta condição de solo, havendo irregularidades na distribuição da precipitação no período de desenvolvimento há disponibilidade da água somente superficialmente e não em profundidade. Desta maneira, há condição de disponibilidade de água abaixo da exigência da cultura, consequentemente, condição para a redução na produtividade de grãos em condições de irregularidades na distribuição da precipitação.

Aliado a isto, áreas manejadas com semeadura direta são caracterizadas por aumento no teor de matéria orgânica do solo superficialmente. Este aumento superficial relaciona com aumento nos valores de capacidade de troca catiônica, disponibilidade de nutrientes, especialmente os nutrientes imóveis no solo como fósforo o que promove também camadas superficiais mais férteis e mais favoráveis ao acúmulo de raíz na superfície (EMBRAPA, 2014; NGOLO, 2019).

A recomendação do escarificador ou do subsolador para corrigir camadas compactadas em subsuperfície em solos de textura argilosa, com altos teores de ferro, como Latossolo Roxo encontrado nas regiões do Sul do país, é prática que apresenta resultados positivos no rompimento desta camada (em geral com resistência à penetração superior a 2,0 MPa) (TORMENA et al., 1998). Isto desde que a camada compactada seja corretamente diagnosticada e identificada.

Contudo, a prática da escarificação é considerada de elevado custo operacional e cujos efeitos no solo podem ser de curta duração (de 6 a 18 meses) caso não seja realizado o manejo adequado para evitar a recompactação do solo (EMBRAPA, 2020). Em estudo Freddi et al. (2006) valores de RP entre 0,90 a 2,00 MPa em Latossolo Vermelho de textura argilosa não afetaram a produtividade do milho. Similarmente, as produtividades de milho no Latossolo Vermelho com RP próximas de 2 MPa tem sido similares às produtividades no mesmo Latossolo com valores de RP bem inferiores a 2 MPa em áreas experimentais na Embrapa Milho e Sorgo. Rosseti e Centurion (2017) descrevem que se deve levar em consideração que o crescimento de raízes pode ser inibido com valores de resistência a penetração (RP) inferiores a 1 MPa em solos secos, contudo, com umidade suficiente, pode haver crescimento de raízes de milho com RP variando entre 4 e 5 MPa.

Por outro lado, a recomendação generalizada do uso do escarificador ou subsolador, em algumas condições, como em áreas com solo arenoso, com teores de areia acima de 85 % nos primeiros 50 cm de profundidade, não apresenta fundamentação em conhecimentos técnicos, sendo desnecessárias ou inefetivas. Isto porque nestas condições de textura, a macroposidade permanece elevada mesmo sob forte efeito de compressão mecânica, além

de haver baixa coesão entre as partículas de areia, que torna o solo friável sob umidades relativamente baixas.

Contudo, valores de referência para a umidade de friabilidade, faixa de densidade crítica e estratégias de manejo para melhoria do perfil em solos arenosos precisam ser determinados com bases em padrões regionais, que levem em conta as características edafoclimáticas e dos sistemas de produção das áreas de produção.

Alguns indicadores que podem ser utilizados para avaliar a qualidade do solo:

a) Grau de compactação:

O grau de compactação tem sido utilizado como um indicador para quantificar os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo. O grau de compactação do solo é a expressão da densidade relativa (DR) do solo em percentagem (BEUTLER et al., 2005; HAKANSSON; LIPIEC, 2000; KLEIN, 2006, 2008; KRZIC et al., 2003; SANTOS et al., 2005). A DR compreende a relação entre a densidade aparente do solo, que pode ser determinada por diferentes métodos (Teixeira et al, 2017), e a densidade máxima do solo (Dmax) ou densidade de referência (Dref), que pode ser determinada pelo ensaio de Proctor Normal (VARGAS, 1977) ou a partir de compressão uniaxial da amostra disposta em anéis de aço inox (HÅKANSSON, 1990). Este parâmetro elimina as influências da composição granulométrica, da mineralogia e da matéria orgânica do solo, facilitando a sua utilização no estudo e comparação de sistemas de uso e manejo dos solos. Os resultados do grau de compactação são expressos em base de porcentagem, sendo que valores acima de 86%, na maioria dos anos, são considerados elevados e prejudiciais ao desenvolvimento das culturas, devido aos aumentos de densidade do solo, redução de macroporosidade e mudanças em outras propriedades do solo como condutividade hidráulica, permeabilidade e resistência do solo à penetração. Entretanto, valores abaixo de 80% também podem afetar negativamente a produtividade das culturas, pelo aumento da macroporosidade e consequentemente, diminuição da retenção de água pelo solo. Tendo estes valores como referência, os resultados podem ser comparados entre os diferentes sistemas de manejo, tipos de solos e graus de compactação.

A compactação determinada pela densidade do solo é de difícil interpretação devido a influência das características do solo: influência da composição granulométrica, da mineralogia e da matéria orgânica do solo (MARCOLIN e KLEIN, 2011).

Em estudo de compactação do solo em laboratório, o ensaio de Proctor normal é um dos mais usados. Com os resultados deste ensaio, Raghavan et al. (1990) observaram qual a umidade crítica de compactação, que indica o momento em que o trator começa a derrapar, o que contribui significativamente para o aumento da compactação do solo. Os mesmos autores observaram que o solo torna-se mais susceptível a compactação à medida que o teor de argila dos solos aumenta, devido a uma maior organização destas partículas no solo. Desta forma, estudos com solos de diferentes texturas são necessários para um melhor entendimento de como o grau de compactação afeta a retenção e a dinâmica de

água no solo.

b) Avaliação visual da estrutura do solo:

A avaliação visual da estrutura do solo (VESS) é um método de análise de solo realizado no campo, de forma prática e simples, considerada uma ferramenta confiável para avaliar a qualidade estrutural dos solos no mundo inteiro (FRANCO et al., 2019).

O método VESS consiste na amostragem de um solo não perturbado com o auxílio de uma pá reta para retirada de um bloco de solo de 25 cm profundidade, 10 cm espessura e 20 cm de largura. Em seguida, é revelando os agregados do solo manualmente através de seu ponto de fratura. A presença de raízes, juntamente com o tamanho, forma, cor, porosidade visível e resistência à ruptura dos agregados do solo são avaliados através de um diagrama para auxiliar, os diferentes usuários, a dar notas (Escores) à estrutura do solo. Esse diagrama foi desenvolvido por Ball et al. (2007) e aprimorado por Guimarães et al. (2011) para avaliação da estrutura do solo.

As estruturas recebem escores (Sq) variando de 1 (alta qualidade estrutural do solo) a 5 (baixa qualidade estrutural do solo) (Fig. 1). Solos com escores entre 4 e 5 sugerem danos à estrutura qualidade do solo e geralmente estão associados a uma deficiência capacidade desses solos para a produção agrícola (BALL et al., 2017).

Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos	Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes manejos	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro
Qe1 Friável Agregados quebram facilmente com os dedos	Maioria < 6 mm após a quebra	Alta porosidade Raízes por todo solo			Agregados pequenos	1 cm A ação de quebrar o bloco é suficiente para revelá-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.
Qe2 Intacto Agregados quebram facilmente com uma mão	Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm Sem presença de torrões	Maioria dos agregados são porosos Raízes por todo solo			Agregados altamente porosos	1 cm Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.
Qe3 Firme Maioria dos agregados quebram com uma mão	Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são <1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes	Macroporos e fissuras presentes Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados			Agregados com baixa porosidade	1 cm Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.
Qe4 Compacto Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável	Maioria > 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são <7 cm	Poucos macroporos e fissuras Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados			Macroporos bem distintos	1 cm Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.
Qs5 Muito compacto Difícil quebra	Maioria são maiores que > 10 cm, muito poucos < 7 cm, angular e não poroso	Porosidade muito baixa. Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas Poucas raízes e restritas a fissuras			Cor azul-acizentada	Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.

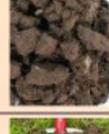



Figura 1 – Diagrama de Avaliação Visual da Estrutura do Solo – VESS (Adaptado por Guimarães et al., 2011).

O método DRES é uma adpatação do VESS, desenvolvido por Ralisch et al. (2017). Nas amostras, são observados o tamanho e a forma dos agregados e torrões, presença ou não de compactação ou outra modalidade de degradação do solo, forma e orientação das fissurações, rugosidade das faces de ruptura, resistência à ruptura, distribuição e aspecto do sistema radicular, e evidências de atividade biológica. A partir desses critérios, atribui-se uma pontuação de 1 a 6, na qual ”6” é indicativo de melhor condição estrutural, e “1” representa o solo totalmente degradado.

c) Fracionamento da matéria orgânica e do fósforo no solo:

O fósforo caracteriza-se como nutriente pouco móvel no solo, muito complexado, com pequena fração lábil, e muito indisponível. Por isto, este nutriente é usualmente aplicado no sulco de plantio. Em grandes áreas de plantio, este nutriente é aplicado em superfície, e mais recentemente, antes do plantio agilizando o processo de semeadura. Esta prática adotada em semeadura direta promove concentração deste na camada de 0-0,10 m.

O aparecimento de camadas compactadas aumenta a imobilidade, reduz a biodisponibilidade e a difusibilidade deste nutriente no solo. Algumas plantas utilizadas em sistemas de produção proporcionam o aporte de carbono no solo. Devido a isso, pode ocorrer o aumento de fósforo orgânico lábil, e que dependendo da microbiologia do solo, resultar em melhor disponibilidade de fósforo para as plantas.

Há indícios de que substâncias liberadas no processo de mineralização da matéria orgânica podem amenizar os mecanismos de fixação do fósforo pelos colóides do solo, principalmente os óxidos. Todavia, permanece o problema da concentração deste nutriente na camada superficial.

A avaliação da matéria orgânica fracionada gera indícios da qualidade do manejo e é um dos indicadores da atividade microbiológica do solo (NOGUEIRA e HUNGRIA, 2013).

A matéria orgânica do solo pode ser definida como uma soma de todos os compartimentos de substâncias orgânicas, composta por uma mescla de resíduos animais e vegetais, em diversos estágios de decomposição (BRITO et al., 2018). Determinar o carbono do solo associado a diferentes frações da MOS permite avaliar a capacidade de sequestro e armazenamento do carbono em diferentes sistemas de manejo do solo e por isso é excelente indicativo de qualidade do solo (NGOLO et al., 2019), o que possibilita recomendar o melhor manejo.

Desta forma, o balanço de carbono no solo em áreas agrícolas consiste na entrada de carbono pelos resíduos das culturas e pela quantidade de carbono armazenado no solo (Ngolo, 2019). Para a manutenção dos estoques de carbono no solo, a MOS necessita estar em frações quimicamente mais estáveis e que apresentam maior tempo de resposta às mudanças no uso do solo. Desta forma, a MOS é composta das seguintes frações: C ligado a fração mineral do solo (C-MIN), C da fração particulada (C-PMO) e C da fração

leve (C-FL) (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992).

Além disso, a avaliação da atividade microbiana como compenente microbiológico do solo gera importantes informações sobre a saúde do solo, visto que são indicadores bastantes sensíveis capazes de detectar as mudanças ocorridas no solo de forma mais eficiente do que atributos físicos e químicos do solo.

Recentemente, buscando preencher esta lacuna, a Embrapa (2018) lançou o BioAS que é tecnologia que agrega o componente biológico às análises de rotina de solos. Consiste na análise das enzimas arisulfatase envolvida na liberação de íons sulfato no solo e β-glicosidase (hidrolase) envolvida na degradação da matéria orgânica do solo.

Tecnologias envolvendo a rotação de culturas têm avançado para a qualidade do solo, melhorando a estrutura do solo e a dinâmica da matéria orgânica, beneficiando atributos químicos e microbiológicos do solo.

Contudo em sistema plantio direto, podem existir solos compactados que proporcionam menor desenvolvimento e distribuição do sistema radicular mas que em contrapartida, devido ao grande aporte de resíduos vegetais e preservação de agregados refletem em maior estoque de carbono. Pois nesses sistemas menos perturbados ocorre mineralização da MOS mais lentamente, devido á proteção física que proporciona menor contato do material orgânico com a microbiota do solo (SARKER et al. 2018). Contrariamente ao descrito na literatura, Ngolo (2019) encontrou maior estoque de carbono no sistema de preparo com arado de disco em relação a semeadura direta. Isto devido às sucessivas incorporações em profundidade dos restos culturais ao longo de décadas.

Além do aumento de C no solo, outro efeito da palhada é a atenuação da energia de compactação, pois a palhada na superfície dissipa a energia de compactação. Isto foi verificado em estudo de Braida et al. (2006) que detectaram 30% de dissipação da energia de compactação sobre o solo.

Os resíduos vegetais deixados sobre o solo, principalmente na entressafra, atuam favorecendo culturas semeadas em sucessão, proporcionando avanços satisfatórios nas propriedades químicas como aumento e mineralização da MOS, físicas como diminuição da compactação e maior agregação de partículas e biológicas pelo aumento da atividade dos microrganismos no solo (COSTA et al., 2015).

Como ressaltado por Manfre et al. (2019) a manutenção da palhada diminui a evaporação de água do solo, melhorando a infiltração e armazenamento de água, diminuindo assim as variações térmicas no solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas e organismos vivos, além de diminuir processos erosivos, com diminuição do escorrimento superficial e menor desagregação do solo. A retirada de resíduo vegetal acarreta redução do carbono orgânico do solo (JESUS et al., 2015) afetando a qualidade do solo.

A dinâmica da MOS também é influenciada pela propriedade física do solo como a textura. Solos com maiores porcentagens de argila possuem maior capacidade de estabilizar o carbono devido às ligações organominerais (REIS et al. 2014). Por isso, estes

solos apresentam maior capacidade de estocar carbono e que por sua vez pode contribuir para formação de agregados, em que microagregados dentro de macroagregados contribuem mais para a proteção física e consequente estabilização da MOS (SIX et al., 2004) e estruturação do solo.

CONCLUSÃO

A adequada recomendação de técnicas para a recuperação de áreas compactadas necessita diferir para os solos em função da sua classe textural.

Em solos argilosos, a compactação tem sido caracterizada pelo aparecimento de camada superficial e subsuperficial com alta densidade e resistência a penetração, e redução na infiltração de água no solo. Nestas condições, a solução para mitigar a compactação tem sido priorizar adoção de técnicas que promovam o aumento a infiltração de água no solo. Para tanto, o uso do escarificador tem efeito positivo tanto para destruir a camada compactada em subsuperfície quanto para melhorar a infiltração de água no solo, no entanto, a prática é considerada de alto custo e o efeito de curta duração.

Outra opção para estas condições tem sido o cultivo, em sistema de rotação, de plantas com sistema radicular de crescimento profundo para melhoria do perfil do solo. Por outro lado, a compactação em solo de textura média e arenosa tem sido caracterizada pela redução da infiltração, todavia, nesta condição, devido ao rearranjo de partículas do solo, proveniente da frágil estrutura do solo após o uso e a baixa capacidade de retenção de água deste. Nestes casos, o aumento nos teores de matéria orgânica do solo parece recomendação mais adequada, buscando manter a estrutura do solo e a aumento da retenção de umidade.

O uso de escarificador em solos textura média ou arenosa, comum no Brasil Central, deve ser evitado tanto pela inocuidade da técnica quanto pela redução de custos. Todavia, não há literatura disponível que subsidie ou oriente sobre a recomendação técnica nessa condição.

Uma importante ação no SPD é a manutenção da palhada na superfície do solo. Este efeito beneficia o solo, pois a palhada atua na dissipação da pressão exercida sobre o solo pelo tráfego de máquinas pesadas e por ser fonte de matéria orgânica, com decomposição gradativa e liberação de nutrientes ao solo, promovendo maior estabilidade do sistema agrícola.

Uma importante estratégia no processo de descompactação do solo é a adoção de plantas de cobertura com sistema radicular robusto como um importante agente “biodescompactador” do solo, pois com o revolvimento nas camadas superficiais do solo no plantio no SPD, aliado ao peso dos implementos agrícolas, tende a adensar as camadas subsuperficiais, diminuindo o espaço poroso causando a compactação.

A variabilidade dos atributos em cada classe permite indicar o manejo mais adequado em cada situação de solo compactado. A exemplo, o uso do valor de resistência

a penetração de 2 MPa como referência para compactação e produtividade das culturas é indicação de uso para os solos das regiões Sul do país. Este valor não tem sido adequado como referência para o limite à produtividade das culturas nos Latossolos nas regiões Sudeste e Centro Oeste.

Recomenda-se estabelecer valores limites para os atributos físicos e de fertilidade de solo que caracterizem a compactação por classe textural adequados a cada clima e solo. Em adição, o conhecimento dos atributos permite diagnóstico da compactação permitindo recomendação de uso adequa como práticas para o aumento da matéria orgânica no solo, consequentemente aumentando a disponibilidade de fósforo.

REFERÊNCIAS

ALTMANN, N. **Plantio Direto no Cerrado: 25 anos acreditando no sistema**. Ed. Aldeia Norte. Passo Fundo. 568 p., 2010.

BALL, B. C., BATEY, T., MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural quality: a development of the Peerlkamp test. ***Soil Use and Management***, v. 23, p. 329–337, 2007.

BALL, B. C., GUIMARÃES, R. M. L., CLOY, J. M., HARGREAVES, P. R., SHEPHERD, T. G., MCKENZIE, B. M. Visual soil evaluation: a summary of some applications and potential developments for agriculture. ***Soil and Tillage Research***, v. 173, p. 114–124, 2017.

BRITO, M. R., TONANI DE SIQUEIRA, F. L., DE SOUSA, I. J. A., & DE SOUSA, R. N. (2018). Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de cerrado. DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, *5*, 114-124.

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C.T.; SOUZA, F. R.; VENTUROSO, L. R.; BERGAMIN, L. P. P.; CAMPOS, M. C. C. Relationship of soil physical quality parameters and maize yield in a Brazilian Oxisol. ***Chilean Journal of Agricultural Research***, v 75, n.3, p. 357-365, 2015.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; FERRAZ, M. V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produção de soja. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, v. 29, n. 6, p. 843-849, 2005.

BICKI, T. J; SIEMENS, J. C. Crop response to wheel Trapnc soil compaction. ***American Society of Agricultural and Biological Engineers***, v. 34, n. 3, p. 909-913, 1991.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relação com a densidade máxima obtida no ensaio de Proctor. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, 30:605-614, 2006.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Participate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. ***Soil Science Society of America Journal***, v. 56, p. 777-783, 1992.

CAMPOS, A. G. de **Sistemas de preparo do solo por 20 anos influenciando as propriedades físicas de um Latossolo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João Del-Rei, 83 p., 2016. Disponível em < https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/Dissertacao%20Adriano%20 26_2_16.pdf >. Acesso em 26 out 2021.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; ARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, v. 39, p. 852-863, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2020. **Como manter a produtividade na lavoura de grãos**. Disponível em:<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53398887/como-manter-a-produtividade-na-lavoura-de-graos>. Acesso em 26 out 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2018. **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6047/bioas--tecnologia-de-bioanalise-de-solo->. Acesso em 26 out 2021.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; DE BONA, F. D. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2017. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES)**. Disponível em:<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/24645717/pesquisadores-lancam-diagnostico-rapido-da-estrutura-do-solo>. Acesso em 26 out 2021.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análises de solo**. 3ª ed. Rio de Janeiro; 2017, 574 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2014 *Simplificação do plantio direto reduz eficiência da lavoura*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1909275/simplificacao-do-plantio-direto-reduz-eficiencia-da-lavoura>. Acesso em: 26 out. 2021.

FEBRAPD. **Produtividade compactada**. 2019 Disponível em: <https://febrapdp.org.br/noticias/681/produtividade-compactada>. Acesso em: 26 out. 2021.

FRANCO, H. H. S.; GUIMARÃOES, R. M. L.; TORMENA, C. A.; CHERUBIN, M. R.; FAVILLA, H. S. Global applications of the Visual Evaluation of Soil Structure method: A systematic review and meta-analysis. ***Soil and Tillage Research***, v. 190, p. 61-69, 2019.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. ***Engenharia Agrícola***, v.26, p.113-121, 2006.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, v. 31, p. 627-636, 2007.

GUIMARÃES, R. M. L., BALL, B. C., TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. ***Soil Use and Management***, v. 27, p. 395–403, 2011.

HAKANSSON, I.; LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. ***Soil and Tillage Research***, v. 53, n. 2, p. 71-85, 2000.

HÅKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. ***Soil & Tillage Research***, v.16, p.105-120, 1990.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in crop systems: A review of the nature, causes and possible solutions. ***Soil and Tillage Research***, v. 82, p. 121-145, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Censo Agropecuário 2017.** Disponível em:< http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 26 out 2017.

JESUS, G. L.; SILVA, I. R.; ALMEIDA, L. F. J.; SANTOS, M. A.; LEITE, F. P.; NEVES, J. C. L. Produtividade do Eucalipto, atributos físicos do solo e frações da matéria orgânica influenciadas pela intensidade de tráfego e resíduos de colheita. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, V. 39, p.1190-1203, 2015.

KLEIN, V. A. Densidade relativa: um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho***. Revista de Ciência Agroveterinária***, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2006.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. UPF, 2008.

KRZIC, M.; BULMER, C.; TESTE, F.; RAHMAN, S.; DAMPIER, L. Relative measure of bulk density to characterize compaction of forest soils caused by harvest. Vancouver: UBC, 2003. (Final Report R2003-0219). Disponível em: < https://www.for.gov.bc.ca/HFD/library/FIA/2003/R2003-219.pdf >. Acesso em 26 out. 2021.

LLANILLO, R. F.; TELLES, T. S.; SOARES JÚNIOR, D.; PELLINI, T. Sistemas de preparo de solo em lavouras temporárias no Brasil: números do Censo Agropecuário de 2006. ***Semina: Ciências Agrárias***, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3691-3698, 2013.

MANFRE, E. R.; FARIA, A. F.; SANTOS, A. D.; MARTINS, E. A.; MACENA, F. C. O sistema de plantio direto na produção de milho: A importância das plantas de cobertura em lavouras. **ANAIS SINTAGRO**, Ourinhos-SP, v. 11, n. 1, p. 329-336, 2019.

MARCOLIN, C. D; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. ***Acta Scientiarum, Agronomy***, v. 33, n.2, p. 349-354, 2011.

MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; DENADAI, M. S.; CAMPOS, F. H. Na hora. ***Revista Cultivar Máquinas***, n. 159, p.17-19, 2016.

NGOLO, A.O. Alterações na qualidade física de um latossolo vermelho do cerrado brasileiro em resposta aos efeitos de longo prazo no manejo do solo. Tese DSc., UFV, 69p., 2019.

NUNES, M. R., PAULETTO, E. A., DENARDIN, J. E., SUZUKI, L. E. A. S., VAN ES, H. M.. Dynamic changes in compressive properties and crop response after chisel tillage in a highly weathered soil. ***Soil and Tillage Research***, v. 186, p. 183–190, 2019.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Indicadores microbiológicos da qualidade do solo**. SBCS, Núcleo Estadual do Paraná. 2013. Disponível em: < https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/958093/1/Indicadoresmicrobiologicosdaqualidadedosolo.pdf >. Acesso em 26 out. 2021.

OLIVEIRA, M. F. de; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, A. C. de; COELHO, A. M.; KARAM, D. Sistemas de Preparo do Solo Caracterizando as Propriedades Químicas do Latossolo Vermelho e as Produtividades de Milho em Sete Lagoas, MG. Embrapa Milho e Sorgo, **Comunicado Técnico 209**, 12 p., 2014.

RAGHAVAN, G. S. V.; ALVO, P.; MCKYES, E. Soil compaction in agriculture: A review toward managing the problem. ***Advances Soil Science***, v.11, p.1-36, 1990.

ROSSETTI, K. V., CENTURION, J. F. Compactação em Latossolos e suas relações com o crescimento radicular do milho. Revista Agro@mbiente On-Line, v. 11, p. 181-190, 2017.

SANTOS, G.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; FURTINI NETO, A.E. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos distintos. ***Ciência & Agrotecnologia***, v.29, n.4, p.740-752, 2005.

SARKER, J.R, SINGH, B.P., COWIE, A.L., FANG, Y., 2018. Agricultural management practices impacted carbon and nutrient concentrations in soil aggregates, with minimal influence on aggregate stability and total carbon and nutrient stocks in contrasting soils. Soil and Tillage Research, 178, 209 – 223.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. ***Revista Brasileira de Ciência do Solo***, v.22, p.573- 581, 1998.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: USP, 1977.

REIS, D. A.; LIMA, C. L. R. de; PAULETTO, E. A. Resistência tênsil de agregados e compressibilidade de um solo construído com plantas de cobertura em área de mineração de carvão em Candiota, RS. Rev. Bras. Ciênc. Solo 38 (2): 669-678, 2014.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. ***Soil and Tillage Research***, v. 16, p. 179-201, 1990.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. & DENEF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil Till. Res., 79:7-31, 2004.

SPERA, S.T.; MAGALHÃES, C.A.S.; CHITARRA, L.G.; GALBIERI, R. Escarificação em áreas de lavouras e pastagens em Mato Grosso: quando e como efetuar. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2018a. 24p. (Embrapa Agrossilvipastril. Circular Técnica, 4).

SPERA, S.T.; MAGALHÃES, C.A.S.; DENARDIN, J.E.; ZOLIN, C.A.; MATOS, E.S.; SOUZA, L.G.A.; SHIRATSUCHI, L.S. Estratificação química e física em solos manejados com sistema plantio direto em Mato Grosso Entraves à produção das culturas. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2018b. 34p. (Embrapa Agrossilvipastoril. Documentos, 7).

CAPÍTULO 2

EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NO DESEMPENHO INDUSTRIAL DO ARROZ

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Leomar Hackbart da Silva
Universidade Federal do Pampa – Campus Itaqui
Curso de Agronomia
Itaqui – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/7022564060631358

André Guilherme Ebling Trivisiol
Universidade Federal do Pampa – Campus Itaqui
Curso de Agronomia
Itaqui – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/6213166757457444

Paula Fernanda Pinto da Costa
Universidade Federal do Pampa – Campus Itaqui
Curso de Agronomia
Itaqui – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/5777314663131583

RESUMO: A secagem é uma das etapas do pré-processamento, que tem por finalidade reduzir o teor de água dos grãos e assim manter a qualidade durante o armazenamento. Objetivou-se avaliar os efeitos da temperatura do ar na secagem estacionária e do período de armazenamento, sobre o desempenho industrial do arroz. Foram utilizados grãos de arroz, da cultivar IRGA 424, produzidos na região da Fronteira Oeste do RS, safra 2014/2015, colhidos com teor de água acima de 18%. As amostras foram secas utilizando secador estacionário modelo laboratorial. As condições de secagem foram ajustadas de acordo com o delineamento experimental fatorial, com dois fatores e três níveis, totalizando nove tratamentos, sendo as variáveis independentes: (i) temperatura do ar de secagem (30±1°C, 38±1°C e 46±1°C) e (ii) tempo de armazenamento dos grãos (zero, 20 e 40 dias). As amostras foram secas até atingir o teor de água final de 11±0,5% e armazenadas em embalagens de papel, em temperatura ambiente. Avaliou-se o rendimento de grãos, que corresponde ao percentual em peso, de grãos inteiros e de grãos quebrados, resultantes do beneficiamento do arroz. Os resultados demonstraram que as condições de secagem e o tempo de armazenamento apresentaram efeitos significativos ($p \leq 0,05$) no rendimento de grãos inteiros, que variou entre 61,23 e 64,44% e nos valores de grãos quebrados, que variaram entre 4,64 e 8,11%, nos diferentes tratamentos. No entanto, a secagem estacionária com temperatura do ar na faixa de 34 a 38 ºC e tempo de armazenamento igual ou superior a 15 dias resultaram nos melhores rendimentos de grãos inteiros (64,44%) em comparação com temperaturas de secagem na faixa de 42 a 46 ºC.
PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L., secagem estacionária, temperatura de secagem, tempo de armazenamento, rendimento de grãos

EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND STORAGE TIME ON THE INDUSTRIAL QUALITY OF RICE

ABSTRACT: Drying is one of the pre-processing

steps focused on reducing water levels of the grains to maintain the quality during storage. In this research, the goal was to investigate and evaluate the effects of both the air temperature, during the stationary drying process, and the storage time on the industrial quality of rice. The rice grains used were from cultivar IRGA 424, produced in Fronteira Oeste - Rio Grande do Sul and harvested in 2014/2015 with moisture content above 18%. Samples were dried using a laboratory-scale grain dryer. Drying conditions were set according to experimental factorial design, consisting of two factors and three levels, amounting to nine treatments with the following independent variables: (i) air-drying temperature (30±1 °C, 38±1 °C and 46±1 °C), and (ii) grain storage time (zero, 20 and 40 days). Samples were dried to a moisture level of 11±0.5% and were stored in paper packages at ambient temperature. The head rice yield, which corresponds to the percentage by weight of whole kernels and broken kernels, resulting from rice processing, was evaluated. The results demonstrated that drying conditions and storage time had significant effects in the whole kernels yield, ranging from 61.23% to 64.44%, and in the broken kernels, ranging from 4.64% to 8.11%, in the different treatments. However, stationary drying with the air temperature between 34 ºC to 38 ºC and storage time of 15 days or more resulted in the best whole kernels yields (64.44%), comparing to drying temperatures between 42 ºC and 46 ºC.
KEYWORDS: *Oryza sativa* L., stationary drying, drying temperature, storage duration, head rice yields.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é a base da dieta de aproximadamente metade da população mundial. O Brasil produz por ano aproximadamente doze milhões de toneladas de arroz, sendo considerado o maior produtor na América do Sul, destacando-se entre os dez maiores produtores mundiais. A Região Sul é responsável por 82% da produção nacional, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor, com predomínio do cultivo de arroz no sistema irrigado (CONAB, 2017).

O valor comercial do arroz depende da qualidade física e tecnológica dos grãos, sendo o percentual de grãos inteiros um dos parâmetros de influência na comercialização. O percentual de grãos quebrados e a incidência de defeitos são diretamente influenciados por fatores inerentes ao processamento do arroz, que englobam desde as condições de cultivo, colheita, secagem, armazenamento e beneficiamento. Dos fatores que interferem diretamente no percentual de grãos quebrados, a temperatura de secagem e o teor de umidade são os mais importantes (Elias et al., 2012).

A colheita do arroz ocorre quando os grãos apresentam teor de água entre 20 e 24%, sendo imediatamente submetidos à secagem artificial visando reduzir o teor de água para 12 a 13%, valores considerados seguros para o armazenamento (Brasil, 2009; SOSBAI, 2016).

A secagem estacionária provoca menos danos mecânicos aos grãos, porém exige um longo tempo de secagem, o qual está relacionado com a umidade inicial dos grãos, condições psicrométricas do ar de secagem e temperatura do ar. A utilização de

temperaturas do ar de secagem acima de 45ºC pode acarretar super secagem na parte inferior do silo, com aumento de grãos com fissuras e trincas. Além disso, a demora no processo de secagem pode favorecer o desenvolvimento microbiano e consequentemente aumentar a incidência de defeitos de origem metabólica nos grãos, ocasionando diminuição na sua qualidade (Barbosa et al., 2009).

A secagem do arroz, conforme a temperatura utilizada pode influenciar no rendimento de grãos inteiros. Visando reduzir a quebra dos grãos, os mesmos passam pelo processo de temperagem, ou seja, um período de estabilização dos grãos em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, que propicia dissipar as tensões internas dos grãos e aumentar o rendimento do arroz (Dong et al., 2010; Akowuah et al., 2012). Além disso, dependendo da cultivar é necessário um período maior de armazenamento antes do beneficiamento, para que ocorra o equilíbrio da umidade e das tensões internas dos grãos, e não influencie no rendimento de grãos inteiros.

O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da temperatura do ar na secagem estacionária e do período de armazenamento, sobre o desempenho industrial do arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de arroz da classe longo fino, cultivar IRGA 424 produzidos, na região da Fronteira Oeste do RS, safra 2014/2015, colhidos com teor de água acima de 18%, com auxílio de colhedora automotriz.

Um delineamento experimental fatorial com dois fatores e três níveis, totalizando nove tratamentos, foi utilizado para analisar a influência das variáveis independentes: (i) temperatura do ar de secagem e (ii) tempo de armazenamento dos grãos, sob o desempenho industrial do arroz.

As amostras foram secas, em secador estacionário modelo laboratorial, com 18 gavetas, utilizando-se temperatura do ar de secagem de 30±1°C, 38±1°C e 46±1°C, até atingir o teor de água final de 11±0,5%. Após a secagem as amostras foram armazenadas em embalagens de papel, em temperatura ambiente, sendo avaliado no primeiro, vigésimo e quadragésimo dia de armazenamento, o rendimento de grãos, que corresponde ao percentual de grãos inteiros e de grãos quebrados, resultante do beneficiamento do arroz (Brasil, 2009).

Na determinação do rendimento de grãos utilizando-se 100 g de amostras de arroz em casca, a qual foi submetida ao descascamento e polimento por 60 segundos, para remoção do farelo, no engenho de provas. Na sequência, os grãos polidos foram colocados no *trieur* número 1, com tempo de duração de 90 segundos, para promover a separação dos grãos inteiros dos quebrados. Os grãos quebrados são aqueles com comprimento inferior a ¾ partes do comprimento mínimo de 6,0 mm aceito para grãos longos, ou seja, menor que 4,49 mm, de acordo com a Instrução Normativa número 06, de fevereiro de

2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, que determina os padrões oficiais de classificação de grãos de arroz (Brasil, 2009). A análise foi realizada em triplicata e os resultados expressos em porcentagem.

O programa estatístico Statistica 5.0 (Statsoft, USA) foi utilizado para determinar os efeitos das variáveis independentes, calcular os coeficientes de regressão (R^2), fazer a análise de variância (ANOVA) e construir as superfícies de resposta, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações na temperatura do ar de secagem e no tempo de armazenamento apresentaram efeitos significativos ($p \leq 0,05$) no rendimento de grãos inteiros, que variou entre 61,23 e 64,44% e nos valores de grãos quebrados, que variaram entre 4,64 e 8,11%, nos diferentes tratamentos. Esses valores estão dentro da faixa recomendada para a cultivar IRGA 424, que apresenta em média rendimento de grãos inteiros em torno de 62% (IRGA, 2017).

Os modelos de regressão para estes parâmetros foram significativos dentro das condições estudadas, sendo os melhores resultados observados, quando se utilizou temperatura de secagem na faixa de 34 a 38 ºC e tempo de armazenamento igual ou superior a 15 dias, resultando em maior rendimento de grãos inteiros, em torno de 64,44%, e menor porcentagem de grãos quebrados em torno de 4,5% (Figuras 1a, 1b, 1c e 1d). Os coeficientes de regressão (R^2) foram de 97% e 96%, respectivamente, indicando excelente ajuste dos modelos aos dados. Os modelos completos de 2ª ordem estão apresentados nas Equações 1 e 2.

Grãos Inteiros (%) $= 64,45 - 1,39x_1 - 1,58x_1^2 + 0,49x_2 - 0,86x_2^2$ (Eq.1)

Grãos Quebrados (%) $= 4,63 + 1,19x_1 + 1,69x_1^2 - 0,52x_2 + 0,11x_2^2$ (Eq.2)

Onde: x_1 = temperatura do ar de secagem (ºC); x_2 = tempo de armazenamento (dias)

Este comportamento está relacionado com a dinâmica de secagem, ou seja, temperaturas baixas próximas a 30 ºC resultam em maior tempo de secagem e consequentemente aumento no metabolismo dos grãos, com ativação de enzimas amilolíticas, proteolíticas e lipolíticas que conferem aos grãos maior fragilidade nas operações de beneficiamento. Enquanto a utilização de temperaturas acima de 38 ºC acelera o processo de secagem, porém provocam gradientes de umidade e de temperatura no interior dos grãos que induzem tensões, que causam as fissuras nos grãos. Além disso, pode ocorrer o trincamento causado pela transição vítrea quando os grãos são secos até um grau de umidade crítico. Os grãos com fissuras ou trincas apresentam fragilidade às operações de abrasão e quebram durante o beneficiamento, o que reduz o rendimento

de grãos inteiros e o valor comercial do arroz (Zhang et al., 2005; Bhattacharya, 2011; Menezes et al. 2012; Li et al. 2016).

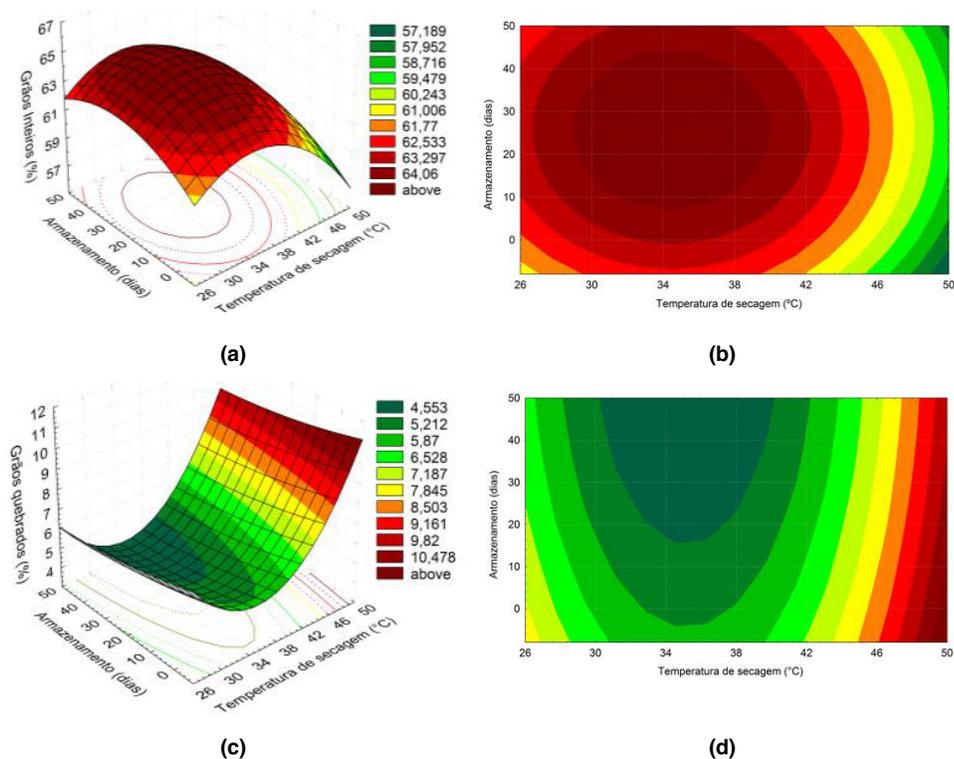



Figura 1–Superfícies de resposta e curvas de contorno para o rendimento de grãos inteiros (a e b) e para a porcentagem de grãos quebrados (c e d) em amostras de arroz, cultivar IRGA 424, submetidas a diferentes temperaturas do ar na secagem estacionária e períodos de armazenamento.

O tempo de armazenamento também apresentou influência significativa ($p \leq 0,05$) no rendimento de grãos inteiros e no percentual de grãos quebrados, observa-se nas Figuras 1c e 1d, que os menores valores de grãos quebrados foram obtidos após 15 dias de armazenamento. Estudos demonstram que o arroz necessita de um tempo de estabilização, chamado de temperagem, após a secagem para reequilibrar o gradiente de umidade e da temperatura interna dos grãos, reduzir as tensões internas e a incidência de fissuras, consequentemente a porcentagem de grãos quebrados (Schluterman e Siebenmorgen, 2007; Dong et al., 2010; Akowuah et al. 2012).

CONCLUSÃO

A temperatura do ar de secagem e o tempo de armazenamento influenciaram no desempenho industrial do arroz, sendo que a secagem com temperatura do ar na faixa de

34 a 38 ºC e tempo de armazenamento igual ou superior a 15 dias resultaram nos melhores rendimentos de grãos inteiros (64,44%) em comparação com temperaturas de secagem na faixa de 42 a 46 ºC.

AGRADECIMENTOS

À PROPPI - Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, e ao Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Grãos e Produtos Amiláceos da UNIPAMPA – Campus Itaqui, pelo apoio na aquisição dos equipamentos utilizados no projeto.

REFERÊNCIAS

AKOWUAH, J. O.; ADDO, A.; BART-PLANGE, A. Influence of drying temperature and storage duration on fissuring and milling quality of Jasmine 85 rice variety. **Journal of Science and Technology**, Ghana, v. 32, n. 2, p. 26-33, 2012.

BARBOSA, F. F. et al. Manejo térmico do ar na secagem estacionária e seus efeitos no desempenho industrial de arroz branco e parboilizado. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 271-280, jul./dez. 2009.

BATTACHARYA, K. R. Rice Quality: A guide to rice properties and analysis. **Woodhead Publishing Limited**, Cambridge. p.65-73, 2011. BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Norma de classificação, embalagem e marcação do arroz**. Instrução normativa Nº 6, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 3. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 fev. 2009, Seção 1, p. 3.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra de grãos**-V. 4 – SAFRA, 2016/17 – N. 7 - Oitavo levantamento MAIO 2017, Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_12_10_37_57_boletim_graos-maio_2017.pdf. Acesso em: 15 de maio 2017.

DONG, R. et al. Effect of drying and tempering on rice fissuring analyzed by integrating intra-kernel moisture distribution. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 2, p. 161-167, March 2010.

ELIAS, M. C. et al. Industrialização de arroz por processo convencional e por parboilização. In M. C. ELIAS, M. DE OLIVEIRA, e N. L. VANIER (Eds.). **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo.** Pelotas: Editora Universitária da UFPEL. 2012 638 p.

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz. Cultivares Safra 2016/17. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br>. Acesso em 06 de junho. 2017.

LI, Xing-jun et al. Changes in moisture effective diffusivity and glass transition temperature of paddy during drying. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 128, p. 112-119, October 2016.

MENEZES N. L. et al. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 430-436, out./dez. 2012.

SCHLUTERMAN, D. A.; SIEBENMORGEN, T. J. Relating rough rice moisture content reduction and tempering duration to head rice yield reduction. **Transactions-American Society of Agricultural Engineers**, v. 50, n. 1, p. 137-142, 2007.

SOSBAI, XXXI. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (31: 2016: Bento Gonçalves, RS) - **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil** / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. - Pelotas: SOSBAI, 2016. 200p.

ZHANG, Q., YANG, W., e SUN, Z. Mechanical properties of sound and fissured rice kernels and their implications for rice breakage. **Journal of Food Engineering**, v. 68 n. 1, p. 65–72, 2005.

CAPÍTULO 3

SECAGEM NATURAL DE FRUTOS INTEIROS COMO ESTRATÉGIA DE VALORIZAÇÃO DOS DESCARTES DA PRODUÇÃO DE CAQUI

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 20/10/2021

Nariane Quaresma Vilhena
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Departamento de Tecnologia Pós-colheita
Moncada, Valência, Espanha
http://lattes.cnpq.br/2416671811215733

Empar Llorca
Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnologia de Alimentos
Valência, Espanha
https://orcid.org/0000-0003-3346-3135

Rebeca Gil
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Departamento de Tecnologia Pós-colheita
Moncada, Valência, Espanha

Gemma Moraga
Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnologia de Alimentos
Valência, Espanha
https://orcid.org/0000-0002-8715-6109

Alejandra Salvador
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Departamento de Tecnologia Pós-colheita
Moncada, Valência, Espanha

RESUMO: O incremento exponencial na produção de caqui na Espanha vem sendo acompanhado de um importante aumento no volume de perdas. Neste sentido, a secagem natural surge como uma estratégia para atribuir valor às perdas geradas durante o manejo pós-colheita, bem como uma alternativa à sazonalidade do caqui como fruta fresca. Portanto, este estudo tem como objetivo fornecer informações sobre as mudanças fisicoquímicas e microestructurais que ocorrem durante o processo de secagem do caqui ‘Rojo Brillante’, visando sua utilização como um subproduto de alto valor agregado. Os resultados mostraram que após 21 dias de secagem os frutos apresentaram uma umidade média de 50%, valor a partir do qual o fruto se considera semi-seco. O processo de secagem deu origem à formação de uma epiderme secundária paralela à gelificação interna da polpa, que foi relacionada à perda de umidade e mudanças na atividade de água. O estudo microestrutural mostrou a degradação do parênquima do fruto durante a secagem. Além disso, esse processo levou à redução dos taninos solúveis até a perda completa da adstringência após 14 dias. As mudanças na coloração da polpa não comprometeram a qualidade externa do fruto.

PALABRAS-CHAVE: *Diospyros kaki* Thunb., Cryo-FESEM, frutos secos, valorização de resíduos, qualidade da fruta.

NATURAL DRYING OF WHOLE FRUITS AS A STRATEGY FOR VALUING DISCARDS FROM PERSIMMON PRODUCTION

ABSTRACT: The exponential increase in persimmon production in Spain is accompanied

by an important increase in the volume of fruit losses. In this sense, natural drying appears as a strategy to valorize the fruit discarded during post-harvest handling, as well as an alternative to the seasonality of persimmon as fresh fruit. Therefore, this study aims to provide information on the physicochemical and microstructural changes that occur during the drying process of 'Rojo Brillante' persimmon. The results showed that after 21 days of drying the fruits had an average moisture content of 50%, value at which the fruit is considered semi-dried. The drying process gave rise to the formation of a secondary epidermis parallel to the internal gelling of the pulp, which was related to the moisture loss and changes in water activity. The microstructural study revealed the degradation of fruit parenchyma during drying. In addition, the process led to a reduction of soluble tannins until complete astringency loss after 14 days onward. The changes in the flesh coloration did not compromise the external fruit quality.
KEYWORDS: *Diospyros kaki* Thunb, Cryo-FESEM, fruit drying, waste recovery, fruit quality.

1 I INTRODUÇÃO

O caqui (*Diospyros kaki* Thunb) é um cultivo amplamente difundido na região mediterrânea, onde as condições agroclimáticas são bastante favoráveis à sua produção. A nível global, a China concentra 67,3% da produção mundial, a qual é destinada principalmente ao mercado interno (Faostat, 2018). A Espanha é atualmente o segundo maior produtor, com 10,4% do volume total do caqui produzido mundialmente (18.601 ha e 492.320 t) (Faostat, 2018). Cerca de 85% da superfície espanhola é dedicada a esta cultura, a qual se baseia principalmente na variedade adstringente 'Rojo Brillante'.

Nos últimos 20 anos houve um incremento exponencial na produção de caqui na Espanha, o que se deu principalmente devido à introdução de métodos de destanização que permitiram sua comercialização como fruta não adstringente e com alta firmeza. Entretanto, esse incremento exponencial da produção foi acompanhado de um importante aumento no volume de perdas. No ano de 2020, foi avaliado que 11,44% da safra potencial do caqui permaneceu sem colheita no campo, a qual se somam mais 16% em perdas geradas pelos descartes na linha de produção (Fernández-Zamudio et al., 2020; Martínez-Las Heras et al., 2016; Senica et al., 2016). Além disso, a safra comercial do caqui na Espanha se concentra entre meados de outubro e finais de dezembro, o que limita sua disponibilidade no mercado como fruta fresca durante o restante do ano.

Nesse sentido, o setor produtor enfrenta o desafio de implementar novas estratégias que possibilitem atribuir valor às perdas geradas, assim como buscar alternativas associadas à sazonalidade do caqui como fruta fresca, já que os métodos tradicionais de aproveitamento dos subprodutos não agregam nenhum valor, ou inclusive supõem um custo adicional para as empresas de manejo pós-colheita.

A secagem natural de frutos surge nesse contexto como uma forma de valorizar os resíduos da indústria agroalimentar, baseando-se na obtenção de ingredientes a partir desses resíduos. Por ser o caqui uma fruta com alto teor de compostos bioativos (como

carotenoides, compostos fenólicos, fibras e outros) (Yaqub et al., 2016), essa estratégia se apresenta como uma interessante oportunidade de utilização dos frutos frescos não comercializados.

O processo de secagem natural é uma técnica simples utilizada para conservar frutas e estender seu período de comercialização. Em países asiáticos como Coréia do Sul, China e Japão, existe uma longa tradição ligada à produção e consumo de caqui semi-seco. Tradicionalmente, nesses países se classificam os caquis como secos ou semi-secos com base no seu conteúdo em água. Embora o limite de umidade utilizado para sua classificação varie entre os países e variedades, os caquis semi-secos são processados com 50% do nível de umidade, em média, enquanto os secos podem chegar a 35% (Kim et al., 2018; Kang et al., 2004). Além disso, a redução da adstringência relatada durante a secagem do fruto faz com que, em alguns países, esta seja uma opção de manejo para variedades adstringentes, uma vez que estas são mais adequadas para a secagem que as cultivares não adstringentes, já que essas últimas endurecem e escurecem excessivamente com processo de secagem (Akyildiz et al., 2004; Li, 2013).

Apesar de ser uma técnica consolidada em muitos países, existem poucas referências publicadas sobre os efeitos do processo de secagem do caqui, principalmente no que diz respeito à variedade ‘Rojo Brillante’. Portanto, este estudo tem como objetivo proporcionar informações sobre as mudanças fisicoquímicas e microestructurais que ocorrem durante a secagem do caqui ‘Rojo Brillante’, visando sua utilização como um subproduto de alto valor agregado.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem e procedimento experimental

Foram avaliados frutos de caqui cv. Rojo Brillante de lotes comerciais da região de Alcúdia (Valência, Espanha). Os frutos foram colhidos em novembro, considerando-se como critérios de colheita a firmeza e a coloração da casca e apresentaram valores médios de 49,3N ± 6,9 de firmeza, e índice de cor da casca de 6,7 ± 2,0. A coloração externa é o índice não destrutivo mais comum usado para determinar o momento da colheita do caqui e há uma forte correlação negativa entre a cor da casca e os valores de firmeza do fruto durante seu amadurecimento (Salvador et al., 2006; Salvador et al., 2007).

Após a colheita, os frutos foram selecionados de acordo com sua cor homogênea e ausência de danos externos. 120 frutos foram descascados manualmente e posteriormente imersos por 10 minutos em solução de metabissulfito de sódio 4,5% ($Na_2S_2O_5$), utilizado como desinfetante, antioxidante e conservante (Akyildiz et al., 2004). Os frutos foram pendurados em ganchos pelo pedicelo para a sua secagem natural na planta piloto do Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) por um período máximo de 42 dias.

A temperatura média e a umidade relativa do ar durante o período de secagem foram obtidas através da estação meteorológica do IVIA e variaram de 6 ^{0}C a 17 ^{0}C e de 49% a 83%, respectivamente.

2.2 Determinações

A caracterização inicial no momento da colheita foi realizada com 20 frutos. Durante o período de secagem, semanalmente, foram avaliados 12 frutos, sendo três frutos utilizados para as determinações da atividade de água, umidade e avaliação microestrutural, enquanto que os outros nove frutos foram utilizados para as demais análises físico-químicas. Todas as determinações foram feitas em frutos individuais.

O peso dos frutos foi determinado individualmente com o auxílio de uma balança de precisão (modelo PB3002-S/FACT, Mettler Toledo, Suíça). A espessura da epiderme secundária gerada durante a secagem foi medida com um paquímetro (Mitutoyo 500-267V-CDL20CP, Japão).

Três amostras de polpa por fruta foram trituradas em um moedor e a umidade (x_w) e atividade de água (a_w) foram medidas com o auxílio de uma estufa a vácuo Vaciotem, J.P. Selecta (60±1 ^{0}C, pressão <100 mm Hg) e com um dispositivo Aqualab CX-2 Decagon, respectivamente.

A firmeza do fruto foi medida com o auxílio de um texturômetro Instron Universal (modelo 4301, Instron Corp., Canton, MA, EUA) utilizando um êmbolo plano de 35 mm, que submete o fruto a uma força de compressão de 10 N em seu eixo equatorial. A relação entre a deformação produzida pela força aplicada e o diâmetro inicial do fruto foi expressa em milímetros de deformação.

A coloração da polpa foi medida com um colorímetro (Minolta modelo CR-400, Ramsey, NY, EUA) usando os parâmetros de Hunter *L*, *a*, *b*. As medidas foram feitas em dois lados opostos da zona equatorial de cada fruto e os resultados foram expressos como índice de cor (IC = 1000*a* / *Lb*) (Jiménez-Cuesta et al., 1981).

Para a determinação dos sólidos solúveis totais (SST) as amostras foram moídas com um homogeneizador Polytron (modelo PT 3100D, Kinematica, Suíça). Para evitar a interferência dos taninos nas medições, foi realizada sua insolubilização prévia, seguindo o método proposto por Sugiura (1983). O conteúdo de SST foi então medido com um refratômetro (Atagomod. PR1) e os resultados foram expressos em °Brix.

O teor de taninos solúveis (TS) foi determinado pelo método de Folin-Denis (Taira, 1995), conforme descrito por Arnal e Del Río (2004) e os resultados foram expressos em porcentagem de peso seco (PS).

O estudo das mudanças microestruturais foi realizado por meio de microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo criogênico Ultra 55 FESEM (ZEISS, Oberkochen, Alemanha) (Cryo-FESEM). Cubos de 3 mm^3 foram cortados da zona equatorial, perpendicular ao eixo principal do fruto. Os cubos foram então imersos em

nitrogênio líquido (-210 ^{0}C) e transferidos para um crio-trans GeminiSEM 500 (ZEISS, Oberkochen, Alemanha) ligado a um microscópio eletrônico de varredura, operando a uma temperatura inferior a -130 ^{0}C. As amostras foram fraturadas por congelamento a -180 ^{0}C e gravadas a -90 ^{0}C.

2.3 Análises estadísticas

Se realizaram análises de variância (ANOVA) e múltiplas comparações entre médias para $p \leq 0,05$, determinadas pelo teste LSD, com o auxílio do software Statgraphics Centurion XVII.I (Manugistics Inc., Rockville, MD, EEUU).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perda de peso e formação da epiderme secundária

O processo de secagem dos alimentos diminui seu peso total à medida que a água é retirada, o que proporciona uma redução geral no volume da fruta (Rahman, 2008). Neste estudo, o peso médio inicial dos frutos foi de 195,3 g (Figura 1). Durante o processo de secagem, os frutos sofreram uma perda de peso considerável até aproximadamente o dia 28. A partir deste momento a redução do peso foi muito mais lenta, sem diferenças significativas. Ao final da secagem os frutos apresentaram um peso médio de 54 g.

A perda de água levou à redução do volume interno e a uma consequente deformação e enrugamento dos frutos, o que se tornou mais evidente com o tempo de secagem (Figura 2). Durante o processo de secagem, observou-se a formação de uma camada externa rígida, uma vez que a perda de umidade da zona externa do fruto ocorre mais rapidamente do que a da zona interna. Esse processo em alimentos desidratados é conhecido como “formação de crosta” e em casos extremos, pode levar à produção de uma camada externa praticamente impermeável, impossibilitando a remoção da umidade interna (Achanta et al., 1996; Rahman, 2008; Sosa et al., 2012). Kang et al. (2004) se referiram a essa estrutura externa rígida em caqui semi-seco como uma “segunda pele” ou “epiderme secundária”. Neste estudo, essa epiderme secundária foi visível a partir do dia 7 com uma espessura de 1,64 mm (Figura 1). Aos 14 dias ocorreu um espessamento drástico que permaneceu estável até o dia 42, alcançando valores de espessura de 3,2 mm ao final do ensaio.

A formação da epiderme secundária foi acompanhada por uma mudança drástica na estrutura interna dos frutos (Figura 2), a qual assumiu um aspecto gelatinoso que pôde ser observado a partir dos 7 dias de secagem. Esse processo se deve ao fato de que a formação da epiderme secundária dificulta a perda de água da região mais interna da polpa, o que leva esta região a apresentar um aspecto gomoso ou gelatinoso (Mayor et al., 2004).

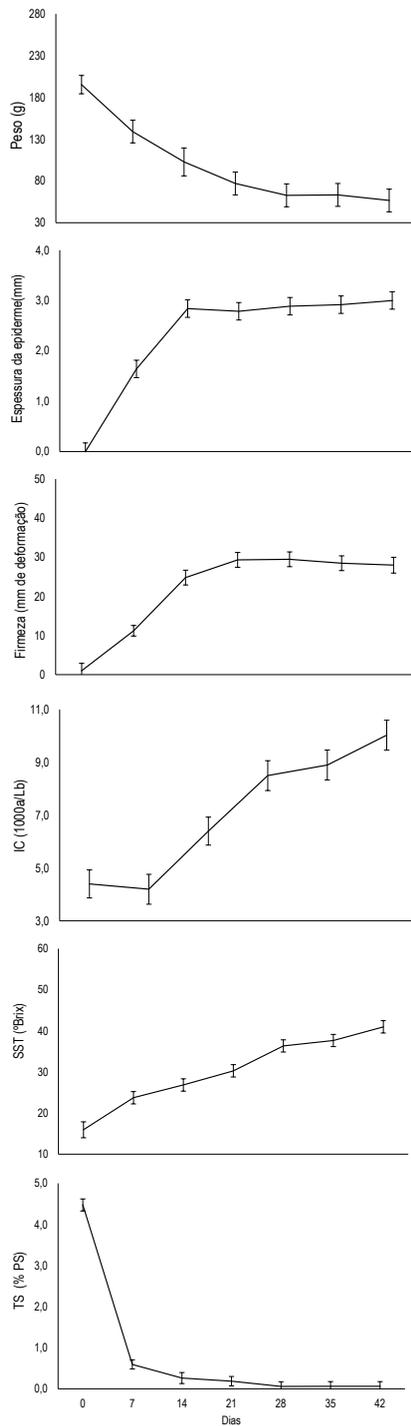



Figura 1. Parâmetros físico-químicos durante o processo de secagem do caqui cv. Rojo Brillante. As barras verticais representam os intervalos de diferenças mínimas significativas (LSD) ($p \leq 0{,}05$).

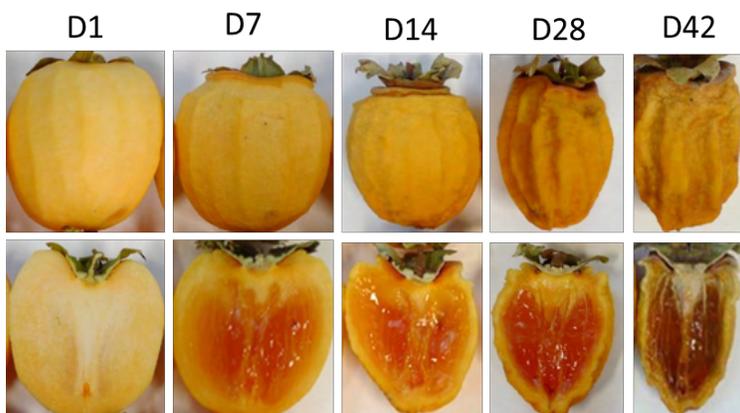



Figura 2. Imagens externas e internas do caqui cv. Rojo Brillante ao longo do processo de secagem.

3.2 Mudanças no teor de umidade e atividade de água

Durante todo o processo de secagem foram medidos os teores de umidade e a atividade de água dos frutos (Figura 3). No momento da colheita, o teor de umidade foi de 0,8 gH_2O / g e diminuiu gradativamente durante os 42 dias de secagem (Figura 3).

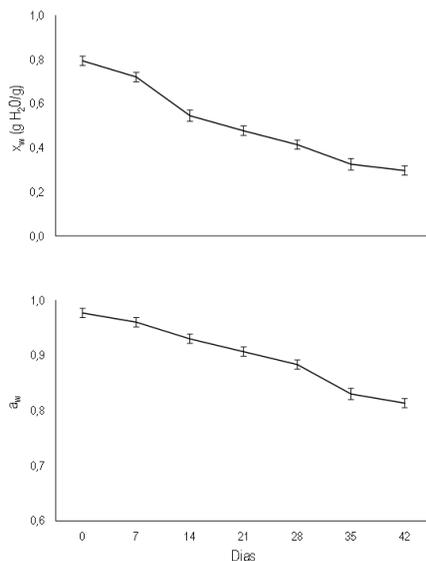



Figura 3. Teores de umidade (x_w) e atividade de água (a_w) durante o processo de secagem do caqui cv. Rojo Brillante. As barras verticais representam os intervalos de diferenças mínimas significativas (LSD) ($p \leq 0,05$).

De acordo com Kang et al. (2004), uma umidade em torno de 50%, ou 0,5 gH_2O / g, é o limite no qual os frutos de caqui são tradicionalmente chamados de semi-secos. No

presente trabalho, esse valor foi atingido aos 21 dias de secagem. Nos países asiáticos, os caquis semi-secos tendem a ter um valor de mercado superior por serem caracterizados por uma textura mais macia, o que os torna mais palatáveis e atraentes do que os caquis completamente secos (Yamada et al., 2009). Ao comparar a perda de peso com a redução da umidade, observou-se que as maiores mudanças ocorreram durante os primeiros 28 dias (Figuras 1 e 3).

A atividade de água é a relação entre a pressão de vapor de um alimento em equilíbrio com a atmosfera circundante e a pressão de vapor da água nas mesmas condições, e representa a eficiência com que a água presente nas frutas é capaz de intervir em reações químicas (Hii et al., 2019; Kim et al., 2014). A atividade de água inicial dos frutos foi de 0,97 (Figura 3). Uma diminuição gradual foi registrada até o dia 28, até valores de 0,88. A partir desse momento houve um maior declínio, alcançando 0,81 ao final do experimento.

A formação da epiderme secundária poderia influenciar na manutenção da a_w da polpa interna. Observou-se que a formação de crostas em alimentos desidratados pode levar a uma manutenção de altos valores de atividade de água na polpa, uma vez que se forma uma crosta dura que mantém a água livre em seu interior (Telis et al., 2002).

3.3 Mudanças na firmeza e cor externa

As mudanças na firmeza em frutas secas podem estar relacionadas ao efeito da sorção da água. Frutas secas geralmente ficam mais macias, levando à perda da crocância (Sosa et al., 2012), porém, dependendo da intensidade da secagem, a dureza tende a aumentar novamente devido à compactação da estrutura (Kang et al., 2004; Sosa et al., 2012).

No momento da colheita, os frutos de caqui apresentavam valores de deformação muito baixos, o que corresponde a uma textura mais crocante da polpa (Figura 1). Durante os primeiros 14 dias de secagem, observou-se um notável amolecimento da polpa, com um aumento dos valores de deformação e, a partir do dia 21, não foram observadas importantes mudanças na firmeza do fruto, apresentando uma deformação média de 28,5 mm no dia 42. O amolecimento drástico a partir do dia 14 coincide com a presença de uma epiderme secundária mais grossa, o que levaria a uma maior resistência à deformação, mantendo uma firmeza mais estável durante o restante do processo de secagem.

Um dos parâmetros sensoriais mais importantes para determinar a aceitabilidade e qualidade dos frutos secos por parte do consumidor é a cor (Senadeera et al., 2020). Durante o processo de secagem do caqui costuma ocorrer um escurecimento do fruto (Yamada et al., 2009; Çelen et al., 2019). Os principais fatores descritos neste escurecimento são as rotas de degradação oxidativa e não oxidativa do ácido ascórbico (Yamada et al., 2009). Para evitar a deterioração da cor durante a secagem, bem como para fornecer uma proteção contra agentes microbianos, normalmente se utiliza uma solução de metabissulfito de sódio, que retarda as reações de escurecimento enzimático e não enzimático (Hanif et

al., 2015; Karakasova et al., 2013). No presente estudo, a aplicação de metabissulfito de sódio antes da secagem foi eficaz no controle do ataque de patógenos, porém ocorreu um incremento na cor do fruto ao longo do processo.

Para calcular o índice de cor da polpa do fruto se utilizam os parâmetros de Hunter *L*, *a*, *b*. O parâmetro *L* mede a luminosidade e seu valor está compreendido em uma escala entre 0 (negro) e 100 (branco), enquanto que os parâmetros *a* e *b* indicam eixes de cores complementares (Jha, 2010). O índice de cor da polpa do fruto apresentou um valor de 4,4 no momento da colheita e mostrou um acréscimo a partir do dia 14, alcançando um valor de 10 aos 42 dias de secagem (Figura 1). Esse incremento do IC se dá principalmente devido ao decréscimo dos valores de *L*, o que pode ser observado através da mudança na coloração da polpa a tonalidades mais alaranjadas ao longo do período de secagem, porém sem sintomas de enegrecimento que prejudicassem a qualidade externa do fruto (Figura 2).

Em pesquisas anteriores, o escurecimento que ocorre durante a secagem do caqui foi relacionado ao teor de água da fruta. Assim, na variedade Atago, foi relatado que o escurecimento da polpa ocorre quando o fruto passa de semi-seco a seco, com teor de água próximo ou inferior a 50% (Yamada et al., 2009).

3.4 Mudanças nos teores de sólidos solúveis totais e taninos solúveis

Durante a secagem do caqui houve um aumento no teor de sólidos solúveis totais (SST), principalmente devido à redução da umidade, uma vez que os SST são os componentes majoritários da matéria seca (Ashebir et al., 2009). No momento da colheita o teor de SST era de 15,9 ^{0}Brix e durante a secagem esses valores aumentaram gradativamente, atingindo o valor de 37,7 ^{0}Brix após 42 dias (Figura 1).

O processo de secagem foi acompanhado por uma redução no teor de taninos solúveis, responsáveis pela adstringência do fruto. No momento da colheita o fruto apresentava um alto teor de taninos solúveis, com aproximadamente 4,5 %PS (Figura 1), valores de acordo com estudos anteriores para a variedade 'Rojo Brillante' (Salvador et al., 2007; Tessmer et al, 2016). Os frutos apresentaram uma diminuição drástica no teor de taninos solúveis após os primeiros 7 dias de secagem (Figura 1), e após 14 dias mostraram uma diminuição a valores próximos a 0,03 %PS, que correspondem a valores de não adstringência (Tessmer et al., 2016). Isso indica que é possível secar a fruta sem a necessidade de eliminar previamente a adstringência, o que facilita muito o processo do ponto de vista logístico.

3.5 Mudanças microestruturais

O estudo microestructural da polpa realizado através do Cryo-FESEM revelou as mudanças ocorridas durante o processo de secagem a nível celular.

No momento da colheita os frutos apresentavam um parênquima compacto e estruturado, formado por células túrgidas, com membrana plasmática intacta e espaços

intercelulares preenchidos por ar (Figura 4). Ao longo do processo de secagem a deterioração da estrutura celular tornou-se evidente. Após 14 dias de secagem os frutos já apresentavam um tecido completamente colapsado no qual as paredes celulares e membranas se tornavam difíceis de distinguir. A deterioração da estrutura celular continuou com o avanço do processo e no dia 28, a estrutura inicial do parênquima já havia desaparecido completamente, transformando-se em uma massa compacta e homogênea, na qual as células não eram distinguíveis.

Os taninos solúveis, responsáveis pela adstringência do caqui, encontram-se dentro dos vacúolos das chamadas células tânicas. Em estudos anteriores, a insolubilização dos taninos durante o processo de amadurecimento foi observada usando a técnica Cryo-FESEM (Salvador et al., 2007; Wu e Sun Hawang, 2002). Quando os taninos são solúveis, pode-se observar uma rede eutética que é gerada durante a sublimação da água no preparo das amostras pelo Cryo-FESEM. Ao contrário, quando os taninos estão insolubilizados, uma massa compacta é observada dentro do vacúolo e não há a presença do artefato eutético. Neste estudo, células com material solúvel em seu interior foram observadas no momento da colheita. Embora o tecido já apresentasse alguma degradação, material solúvel ainda foi observado após 7 dias. No entanto, nenhum material solúvel foi observado nas amostras a seguir, o que indicaria que a insolubilização dos taninos ocorreu com o processo de secagem. Isso confirma o decréscimo no teor de taninos solúveis para valores de não adstringência após 14 dias de secagem (Figura 1).

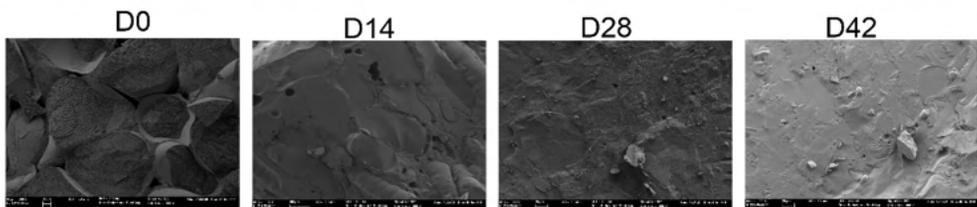



Figura 4. Estrutura interna da polpa de caqui cv. Rojo Brillante através da técnica de microscopia eletrônica de varredura por emissão de criocampo (Cryo-FESEM), durante o processo de secado.

O processo de insolubilização observado durante a secagem do caqui estaria relacionado às alterações estruturais que ocorrem ao longo desse processo, de forma semelhante à insolubilização dos taninos que ocorre durante o amadurecimento da fruta (Tessmer et al., 2016). O amolecimento da polpa que ocorre durante o amadurecimento do caqui tem sido relacionado à degradação de polissacarídeos na parede celular, que causa a concentração de taninos solúveis dentro das células tânicas e leva à sua insolubilização (Taira e Ono, 1996). Além disso, o colapso das células leva à produção de fragmentos da parede celular que se aderem aos taninos, bem como à solubilização das pectinas, que formam complexos com os taninos, causando sua insolubilização (Taira e Ono, 1996). Da

mesma forma, Asgar et al. (2004) relacionaram o amolecimento da polpa produzida pela secagem do caqui com a solubilização e despolimerização de polissacarídeos pécticos.

4 I CONCLUSÕES

Neste estudo foram avaliadas as mudanças físico-químicas e microestruturais que ocorrem durante o processo de secagem do caqui 'Rojo Brillante'.

Durante a secagem observou-se a formação de uma epiderme secundária paralela à gelificação interna da polpa, que foi relacionada à perda de umidade do fruto.

Os estudos microestruturais da polpa do fruto revelaram a perda da integridade celular e deterioração do parênquima durante o processo de secagem, o que resultou em um tecido colapsado, que se apresenta como uma massa homogênea na qual as membranas celulares estão completamente degradadas.

Além disso, a secagem provocou a insolubilização dos taninos com a correspondente perda de adstringência. Essa perda de adstringência foi completa após 14 dias de secagem, o que foi relacionado à degradação celular do parênquima que ocorre durante o processo de perda de água.

Portanto, o caqui 'Rojo Brillante' seria uma variedade adstringente adequada para ser submetida ao processo de secagem natural para a elaboração de um subproduto de alto valor agregado, tendo em conta que as características do produto final dependem do tempo de secagem.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pelo *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria* (INIA) e pelo *Fondo Europeo de Desarrollo Regional* (FEDER), através do projeto RTA2017-00045-C02. Nariane Q. Vilhena agradece ao INIA pela bolsa de estudos FPI-INIA (PRE2018-085833).

REFERÊNCIAS

ACHANTA, S.; OKOS, M. R. Predicting the quality of dehydrated foods and biopolymers-research needs and opportunities. **Drying Technol**. 14(6), 1329-1368, 1996.

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. **J. Food Eng**. 65, 95–99, 2004.

ARNAL, L.; DEL RÍO, M. A. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (Diospyros kaki, L.) cv. 'Rojo Brillante'. **Food Sci. Technol**. Int. 10, 179–185, 2004.

ASGAR, M. A.; YAMAUCHI, R.; KATO, K. Structural features of pectins from fresh and sun-dried Japanese persimmon fruit. **Food chemistry** 87(2), 247-251, 2004.

ASHEBIR, D.; JEZIK, K.; WEINGARTEMANN, H.; GRETZMACHER, R. Change in color and other fruit quality characteristics of tomato cultivars after hot-air drying at low final-moisture content. **Int. J. Food Sci. Nutr.** 60(S7), 308-315, 2009.

ÇELEN, S. Effect of Microwave Drying on the Drying Characteristics, Color, Microstructure, and Thermal Properties of Trabzon Persimmon. **Foods** 8, 84, 2019.

FERNÁNDEZ-ZAMUDIO, M. A.; BARCO, H.; SCHNEIDER, F. Direct Measurement of Mass and Economic Harvest and Post-Harvest Losses in Spanish Persimmon Primary Production. **Agriculture**, 10(12), 581, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE (FAOSTAT). 2021. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/es/#data. Acesso em 19 de maio de 2021.

HANIF, M.; KHATTAK, M.; AWAIS ALI, S.; KHAN, M.; RAMZAN, M. Impact of drying temperature and slice thickness on retention of vitamin c in persimmons (Diospyros kaki. l) dried by a flat plate solar collector. **Pak. J. Food Sci**. 25(2), 66-70, 2015.

HII, C. L.; ONG, S. P.; CHIANG, C. L.; MENON, A. S. A review of quality characteristics of solar dried food crop products. **IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci**. 292, 12054-12072, 2019.

JHA, S. N. Colour measurements and modeling. *In*: **Nondestructive evaluation of food quality**. pp. 17-40, 2010. Springer, Berlin, Heidelberg.

KANG, W.; KIM, J.; OH, S.; KIM, J.; HAN, J.; YANG, J.; CHOI, J. Physcochemical Characteristics of Sangju Traditional Dried Persimmons during Drying Process. **J. Korean Soc. Food Sci. Nutr**. 33(2), 386-391, 2004.

KARAKASOVA, L.; BABANOVSKA-MILENKOVSKA, F.; LAZOV, M.; KARAKASOV, B.; STOJANOVA, M. Quality properties of solar dried persimmon (Diospyros kaki). **J. Hygienic Engineering and Design**, 4, 54-59, 2013.

KIM, I. D.; LEE, J. W.; KIM, S. J.; CHO, J. W.; DHUNGANA, S. K.; LIM, Y. S.; SHIN, D. H. Exogenous application of natural extracts of persimmon (Diospyros kaki Thunb.) can help in maintaining nutritional and mineral composition of dried persimmon. **Afr. J. Biotechnol**., 13(22), 2231-2239, 2014.

KIM, J. H.; CHUNG, I. K.; KIM, H. Y.; KIM, K. M. 2018. Comparison of the quality of dried persimmon (Diospyros kaki THUNB.) treated with medicinal plant extracts and food additives. **Food Sci. & Nutr**., 6(8), 1991-1998, 2018.

LI, B. A brief introduction to postharvest research and utilization of persimmon (Diospyros kaki) in China: Ancient time to today. **Acta Hortic**., 996, 373-378, 2013.

MARTÍNEZ-LAS HERAS, R.; AMIGO-SÁNCHEZ, J. C.; HEREDIA, A.; CASTELLÓ, M. L.; ANDRÉS, A. Influence of preharvest treatments to reduce the seasonality of persimmon production on color, texture and antioxidant properties during storage. **CyTA-J.Food**, 14(2), 333-339, 2016.

MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **J. Food Eng**., 61, 373–386, 2004.

PATHARE P. B., OPARA U. L., AL-SAID F. A. J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and bioprocess technol.**, 6(1), 36-60, 2013.

RAHMAN, M. S. Post-drying aspects for meat and horticultural products. *In*: CHEN, X. D., MUJUMDAR, A., (ed.). **Drying technologies in food processing**. 1st ed.; John Wiley & Sons: Oxford, United States, 2008. p. 252-269.

SALVADOR, A.; ARNAL, L.; CAROT, J. M.; CARVALHO, C.; JABALOYES, J. M. Influence of different factors on firmness and color evolution during the storage of persimmon cv. 'Rojo Brillante'. **J. Food Sci**, 71(2), 169–175, 2006.

SALVADOR, A.; ARNAL, L.; BESADA, C.; LARREA, V.; QUILES, A.; PÉREZ-MUNUERA, I. Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. **Post. Bio. Technol.**, 46, 181–188, 2007.

SENADEERA, W.; ADILETTA, G.; ÖNAL, B.; DI MATTEO, M.; RUSSO, P. Influence of Different Hot Air Drying Temperatures on Drying Kinetics, Shrinkage, and Colour of Persimmon Slices. **Foods**, 9, 101, 2020.

SENICA, M.; VEBERIC, R.; GRABNAR, J. J.; STAMPAR, F.; JAKOPIC, J. Selected chemical compounds in firm and mellow persimmon fruit before and after the drying process. **J. Sci. Food Agric.**, 96(9), 3140-3147, 2016.

SOSA, N.; M. SALVATORI, D.; SCHEBOR, C. Physico-Chemical and Mechanical Properties of Apple Disks Subjected to Osmotic Dehydration and Different Drying Methods. **Food Bioprocess Technol.**, 5, 1790–1802, 2012.

SUGIURA A. Origin in varietal differentiation in Japanese persimmon. **Recent advances in plant. Breeding**, 25, 29-37, 1983.

TAIRA, S. 1995. Astringency in persimmon. *In*: LINSKENS, H. F., JACKSON, J. F. (ed.). **Fruit Analysis**. Modern Methods of Plant Analysis, 1st ed.; Springer, Volume 18, 1995. p. 97-110.

TAIRA, S.; ONO, M. Reduction of astringency in persimmon caused by adhesion of tannins to cell wall fragments. *In*: **Acta Hort**. 436, Anais do I International Persimmon Symposium, Japão, 235-242, 1996.

TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A. Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato. Food Research International, 35(5), 435-443, 2002.

TESSMER, M. A.; BESADA, C.; HERNANDO, I.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; QUILES, A.; SALVADOR, A. Microstructural changes while persimmon fruits mature and ripen. Comparison between astringent and non-astringent cultivars. **Post. Bio. Technol.**, 120, 52-60, 2016.

WU, P., SUN HWANG, L. Determination of soluble persimmon tannin by high performance gel permeation chromatography. **Food Research International**, 35, 793–800, 2002.

YAMADA, H.; ANDO, T.; TSUTANI, K.; AMANO, S.; YAMAMOTO, Y. Mechanism of Browning Occurring during the Processing of Semi-dried Persimmons. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.**, 78(1), 124–130, 2009.

YAQUB, S.; FAROOQ, U.; SHAFI, A.; AKRAM, K.; MURTAZA, M. A.; KAUSAR, T.; SIDDIQUE, F. Chemistry and functionality of bioactive compounds present in persimmon. **Journal of Chemistry**, 2016.

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO VERTICAL DE MELOEIRO AMARELO (*Cucumis melo* L) COM DIFERENTES DENSIDADES EM CANTEIROS SUBTERRÂNEOS COBERTOS COM MULCHING PLÁSTICO

Data de aceite: 01/12/2021

Manuel Antonio Navarro Vásquez
Engenheiro Agrônomo, Professor do IF Crato-CE

Janeísa Batista da Silva
Estudante de graduação, IF Crato-CE

Cristina Teixeira de Lima
Estudante de graduação, IF Crato-CE

Edilza Maria Felipe Vásquez
Engenheiro Agrônomo, Professora da UFCa Crato-CE

Francisco Rondinelly Rodrigues Sousa
Engenheiro Agrônomo, Técnico de campo, IF Crato-CE

RESUMO: A produção de culturas em canteiros subterrâneos, aproveitando espaços aéreos associados à economia dos recursos hídricos, resulta uma técnica que precisa ser aprimorada. Desta forma, realizou-se este trabalho objetivando o melhor desempenho de plantas de meloeiro, produzidos verticalmente em canteiros subterrâneos cobertos com mulching plástico, com diferentes densidades de plantio. Foram construídos 15 canteiros subterrâneos de 1,0 m de largura, 1,0 m de comprimento e 0,8 m de profundidade, cobertos com lona plástica de dupla fase. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições e os tratamentos foram cinco densidades de plantio (2, 3, 4, 5 e 6 pl m^{-2}), onde foram avaliados número de folhas, área foliar, número de frutos, produção e umidade do solo após colheita. Conclui-se que, não houve diferença significativa para número de frutos e umidade do solo, já para número de folhas, área foliar e produção de frutos todos os tratamentos mostraram diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade, onde o tratamento de menor densidade de plantio apresentou produtividade comercial de 31,888 t ha^{-1}, assim como o melhor índice de produtividade da água, com 76,847 L de água por cada kg massa fresca de fruto.

PALAVRAS - CHAVE: Armazenamento, capilaridade, cultivo vertical, saturação.

VERTICAL PRODUCTION OF YELLOW MELON PLANT (*Cucumis melo* L) WITH DIFFERENT DENSITIES IN UNDERGROUND STONEMASONS COVERED WITH PLASTIC MULCHING

ABSTRACT: Production of crops in underground stonemasons, taking advantage air spaces associated what economy of water resources, it results a technique that needs to be perfected. This way, the objective of this work was to determination o best performance of melon plant, produced vertically in underground stonemasons covered with plastic mulching, with different planting densities. It was built 15 underground stonemasons of 1.0 m of width, 1.0 m of length and 0.8 m of depth, covered with plastic of couple face. The experimental design used was randomized entirely with three repetitions and the

treatments were five planting densities (2, 3, 4, 5 and 6 pl m^{-2}), the were evaluate number of leaves, area to leaf, number of fruits, production and humidity of the soil after crop. It is ended that, there was not differentiates significant for number of fruits and humidity of the soil, already for number of leaves, area to leaf and production of fruits all of the treatments showed differentiates significant at level of 5% of probability, where the treatment of smaller planting density, presented commercial productivity of 31.888 t ha^{-1}, as well as the best index of productivity of the water, with 76.847 L of water for each kg fresh mass of fruit.
KEYWORDS: Storage, capillarity, vertical production, saturation.

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma cucurbitácea cultivada em várias regiões do mundo e possui grande valor econômico para o Nordeste brasileiro, em especial para os Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, devido às condições edafoclimáticas destas regiões que contribuem para o crescimento e desenvolvimento da cultura, onde é responsável por 94% da produção brasileira (AGRIANUAL, 2015).

No semiárido brasileiro é fundamental para o sucesso do cultivo de melão, o desenvolvimento de uma produção sustentável, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, utilizando o mínimo de insumos e de forma eficiente. Pois a exploração agrícola é fortemente dependente da chuva, isto é, a precipitação pluviométrica é, em geral, a única fonte de água disponível na propriedade para a manutenção da família e desenvolvimento das atividades agropecuárias (CAMPELO, 2014; PORTO et al., 2011; MEDEIROS et al., 2011) e onde o déficit hídrico afeta os processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais, podendo interferir no rendimento da produção (JALEEL et al., 2008) e para isto é fundamental produzir mais alimentos de qualidade utilizando menos água e reduzindo as perdas (BOJANIC, 2012).

Uma alternativa vantajosa para o plantio do melão nessa região é a produção em canteiros subterrâneos, sendo uma tecnologia que visa o armazenamento da água para produção de alimentos contribuindo com a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem e, consequentemente, com a diminuição da pobreza. FERREIRA (2012), MOREIRA et al. (2007) e SILVA et al. (2007), manifestam que estes períodos de estiagem duram de três a oito meses após as chuvas, e que este tempo de permanência da umidade na área de acumulação da barragem subterrânea depende da quantidade de chuva ocorrida e, sobremaneira, do manejo adotado em sua área de plantio.

Ainda, a produção de forma vertical do meloeiro, através de podas de condução resulta incrementando o crescimento da planta, e por consequência, a produtividade, utilizando o espaço aéreo e proporcionado melhor qualidade aos frutos. No entanto, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas de manejo das plantas por meio de desbrotas, raleio de frutos e fixação destes frutos em posições pré-estabelecidas na planta (QUEIROGA, 2008).

Associado a este, o uso da cobertura do solo traz benefícios referentes à redução das perdas de água por evaporação e maior conservação da umidade do solo (BRAGA et al., 2009), proporciona maior controle das plantas invasoras, facilita a colheita e comercialização, pois o produto colhido é mais limpo e livre de pragas durante parte do ciclo (MEDEIROS et al., 2007), incrementa a produção, favorece a conservação de frutos de melão, aspecto fundamental durante o transporte e o armazenamento dos mesmos (AMARIZ et al., 2009), além de reduzir a variação da amplitude térmica do solo (BRAGA et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de plantas e o índice de produtividade da água por cada kg massa fresca de fruto de meloeiro, conduzidas de forma tutorada sobre diferentes densidades de plantio, em canteiros subterrâneos com a utilização de mulching plástico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, *Campus* Crato, tendo por coordenadas geográficas aproximadas, latitude (07º14'S), longitude (39°24'W) e altitude (426 m acima do nível do mar). O clima da região segundo classificação de Köeppen é AW, correspondente a um clima tropical úmido, com pluviosidade média anual de 850 mm, temperatura média do ar de 27 ºC e umidade relativa em torno de 75%. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA (2014), o solo é classificado como argissolo, cujas características físicas se mostram na Tabela 1.

Prof. (m)	Da (g cm^{-3})	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe Textural
0 - 0,2	1,37	59,1	20,1	20,8	Fr. arg. are.

Tabela 1. Análise física do solo para a profundidade de 0-0,2 m

Foram construídos 15 canteiros subterrâneos de 1,0 m de largura, 1,0 m de comprimento e 0,8 m de profundidade, sendo as paredes cobertas com lona plástica de dupla fase, uma branca e a outra preta de 5 micras de espessura, e logo nela depositado o solo mantendo o ordenamento das camadas de acordo com o perfil original até uma profundidade inicial de 0,50 m, quando eram saturadas por três dias com adição de água através de mangueira.

Na superfície do solo saturado, se aplicou uma lâmina adicional de água de 5 mm para ser redistribuída por capilaridade logo após prosseguir construíndo o canteiro até a superfície com adição do resto das camadas sobrantes misturadas com esterco bovino curtido na proporção de 3:1. A quantidade de água para cada canteiro foi estimada de

acordo com a porosidade do solo e a lâmina adicional de 5 mm que totalizaram 0,245 m^3 de água.

A superfície do canteiro foi coberta com mulching plástico e após perfurações foram semeadas sementes de melão amarelo, cv. Eldorado 300. Cada unidade experimental foi composta por um canteiro e o delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições, os tratamentos corresponderam a cinco densidades de plantio (2, 3, 4, 5, e 6 pl m^{-2}) com três repetições.

As plantas foram conduzidas em espaldeiras construídas com mourões de 2 m de altura contendo fios de arame N° 12, na parte central e superior, que com ajuda de barbantes as plantas eram tutoradas e conduzidas em haste única com podas das gemas laterais até a altura de 50 cm, quando eram deixados duas hastes para a produção de frutos.

Foram medidos número de folhas, área foliar, número de frutos, produção e umidade do solo ao final da colheita, esta se deu aos 76 dias após o plantio. As folhas e número de frutos foram contados individualmente para cada planta. A área foliar foi determinada mediante equação de ajustes através de medidas lineares de comprimento (C) e largura máxima (Lmáx) de acordo com a eq., AF = -17,1774 + 6,0948 C - 1,3163 Lmáx + 0,5890 Lmáx 0,95, proposta por LOPES et al*.* (2007).

A produção total foi calculada com os frutos que atingiram massa superior a 500 g, com ajuda de balança analítica, e a umidade do solo determinada mediante amostras de solo de cada canteiro coletadas à profundidade de 30 cm e secas em estufa a 110 ºC após 24 horas. Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey para intervalo de confiança da média a 5 % de probabilidade. Para execução das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico SISVAR, versão 5.6 (Build 86).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise estatística descritiva dos valores médios de número de folhas, área foliar, número de frutos, produtividade e umidade do solo ao final da colheita, podem ser observados na Tabela 2.

Densidade de plantio (pl m^{-2})	Desempenho das plantas no final da colheita				
	Nº folhas	Área foliar (cm^2)	Nº Frutos	Produtividade (g m^{-2})	U. solo (%)
2	37.833 a3	2034,162 a2	1.600 a1	3188,143a3	10,858 a1
3	36.222 a3	1733,165 a1a2	1.667 a1	2337,013 a2a3	9,189 a1
4	27.333 a2a3	1161,349 a1a2	1.555 a1	1375,353 a1a2	8,771 a1
5	18.067 a1a2	813,161 a1a2	1.267 a1	715,560 a1a2	7,199 a1
6	12.222 a1	512,113 a1	1.056 a1	588,830 a1	7,465 a1
S (m) erro padrão	2,882	307,318	0,286	366,199	1,221

A (%) DMS	13,718	1431,009	1,331	1705,186	5,688
CV (%)	17,69	42,56	34,64	38,65	24,33

*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 2. Análise de variância para número de folhas, área foliar, número de frutos, produtividade e umidade do solo, em função da densidade de plantio.

Para o número de folhas e área foliar, a análise de variância revelou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para quase todas as densidades de plantio, sendo mais acentuadas as diferenças para os tratamentos mais extremos, isto é, entre os tratamentos de 2 e 6 pl m^{-2}, a diferença foi de 25,611 para o número de folhas e de 1522,049 cm^2 para a área foliar, com clara tendência de diminuição do número de folhas e consequentemente de área foliar, com o aumento da densidade de plantio. Estes valores são menores aos encontrados por NACIMENTO et al. (2002) na cv. Gold Mine, que foi de 10011 cm^2 de área foliar por planta ao final do seu ciclo e por FREITAS et al. (2014), estudando a cv. Orange Flesh híbrido County, que foi de 18291,294 cm^2 e 8222,595 cm^2 de área foliar por planta com restrições de salinidade da água de irrigação.

A menor área foliar para os tratamentos de maior densidade, deve-se principalmente a diminuição do tamanho das folhas pela competição de espaço nas espaldeiras, as podas dos ramos laterais e pela mesma lâmina de água e nutrientes encontrados distribuídos nos canteiros subterrâneos, mostrando transformações em quanto a sua extinção e formato, tal como explicado por FERRAZ et al. (2011) que verificaram redução das folhas e no crescimento do ramo principal de meloeiro “Gália” quando as plantas foram submetidas a lâminas de água inferiores à requerida entre 60 e 80% da Evapotranspiração de referência (Eto), o que indicou sensibilidade do meloeiro à menor disponibilidade hídrica no solo. Similar ao observado por SILVA et al. (2012) para diferentes lâminas de irrigação que não verificaram diferenças no comprimento do ramo principal e no número de folhas de meloeiro “Cantaloupe”, no entanto, o diâmetro do caule foi menor com a redução das lâminas de irrigação.

De igual forma QUEIROGA et al. (2008), manifestam que a condução do meloeiro de forma vertical mediante a realização de podas de condução, provocam alterações no tamanho da área foliar, onde a relação fonte:dreno pode ser alterada com a poda de hastes e/ou desbaste de frutos, variando o número de folhas por planta, consequentemente, a área foliar (fonte) e a demanda por fotoassimilados (drenos).

Não houve diferença significativa para o número de frutos em todas as densidades de plantio, devido ao raleio, deixando entre 3 e 2 fruto por planta, dependendo do manejo nas condições de produção em espaldeira. Já para a produtividade total a análise de variância foi significativa para a maioria dos tratamentos, a maior produtividade foi alcançada para a

menor densidade de 2 pl m^{-2}, enquanto que a menor produtividade para a densidade de 6 pl m^{-2}, que foram de 3188,143 g m^{-2} e 588,830 g m^{-2}, respectivamente.

A produtividade dos tratamentos de densidades 2 e 3 pl m^{-2}, estão próximas as encontradas por YURI et al. (2014), que verificaram que com o uso de filme plástico de cor prata houve uma variação na produtividade de 35,2 a 49,9 t ha^{-1}, já para o mulching de cor preta, foi verificada produtividade variando de 35,9 a 41,4 t ha^{-1}.

Outra explicação para a variação em produção com o aumento da densidade de plantio foi a mesma lâmina de água aplicada a cada tratamento que foi de 245 mm. Estes valores resultam baixos quando comparados com os resultados de MELLO et al. (2011) que foi de 256 e 327,4 mm, BRAGA et al. (2017) de 269,7 e 239,7 mm; e PIRES et al. (2013) de 518 mm durante todo o ciclo da cultura de melão.

Já a umidade do solo não mostrou diferença significativa a 5% de probabilidade, isso se explica por que ao final da colheita, praticamente já se tinha esgotado a maior parte da umidade presente no solo. Mesmo não apresentando diferenças entre as lâminas de irrigação avaliadas, a utilização do plástico provavelmente alterou as condições de umidade do solo, nas diferentes profundidades, podendo este ser o fator que mais contribuiu para alteração do crescimento das plantas.

Neste sentido DANTAS et al. (2011), reportam que o uso de filmes plásticos em camadas subsuperficiais altera as condições de umidade do solo. De igual forma MOTA et al. (2010) verificaram que o uso do "mulching" no melão amarelo AF-646 só aumentou o armazenamento de água no solo nas fases de desenvolvimento inicial, já que nas fases de frutificação e maturação as necessidades hídricas tendem a aumentar, verificando-se sintomas de déficit hídrico e diminuição da umidade do solo, coincidindo com o manifestado por PIVETTA (2010) que afirma que o meloeiro é uma cultura muito sensível ao déficit ou excesso de água e apresenta necessidades hídricas variáveis no decorrer do ciclo, apresentando maior exigência desde o desenvolvimento dos ramos até o início da frutificação.

Do mesmo modo CÂMARA et al. (2007) também observaram aumento na produtividade do melão amarelo "Goldex" com o aumento da umidade do solo a partir do uso de coberturas plásticas. Para o melão do tipo pele de sapo, TOMAZ et al. (2008), avaliando diferentes lâminas de água e suas interações com nitrogênio e potássio, observaram que, para as condições de Mossoró/RN, a lâmina indicada que proporcionou melhor resposta foi a que correspondeu a 90% da necessidade hídrica da cultura.

A quantidade total de água disponível para cada planta (Qi) e quantidade usada para produzir um quilograma de melão (iPA) nos diferentes tratamentos, são apresentados na Figura 1. O tratamento de maior densidade de plantio apresentou menor Qi (40,83 L pl^{-1}) e maior iPA (416,076 L kg^{-1}) e o tratamento de menor densidade apresentou o maior Qi (122,5 L pl^{-1}) e o menor iPa (76,847 L kg^{-1}), ou seja, a medida que aumenta a densidade de plantio a disponibilidade total de água por planta diminui e mais água se gasta para produzir um

kg de fruto, e ao contrário quanto mais água disponível para planta, se gasta menos para produzir um kg de fruta. O resultado do tratamento de menor densidade se aproxima aos encontrados por BRAGA et al. (2017), trabalhando com plástico de dupla face preto/prata de 30 micras de espessura e palha de capim buffel para cobertura do solo, que foi de iPA (46,42 L kg^{-1}) e 62,59 L kg^{-1}), respectivamente.

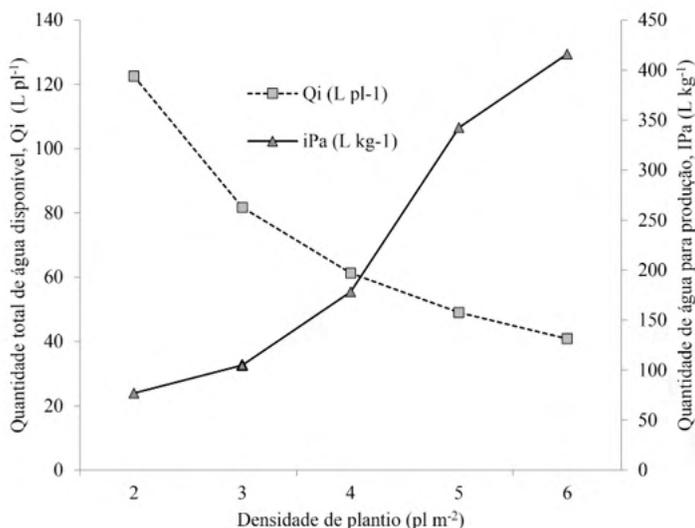



Figura 1. Quantidade total de água disponível (L pl^{-1}) e quantidade de água para produção (L kg^{-1}) em função da densidade de plantio (pl m^{-2}).

CONCLUSÕES

- Os canteiros subterrâneos cobertos com filmes plásticos, são estruturas que armazenam água em camadas inferiores até o ponto de saturação, das quais são aproveitadas pelas plantas devido à ascensão capilar, em regiões com déficit hídricos e onde só existe a chuva como única forma disponível de água para produzir colheitas.
- Incrementos na densidade de plantio estudados representam maior gasto de água nos canteiros subterrâneos, o que demostra diminuição do número de folhas, área foliar, número de frutos e produtividade total de plantas de melão, como consequência da rápida diminuição da umidade do solo.
- A disponibilidade de água para as plantas de melão nos canteiros subterrâneos resulta maior para a menor densidade de plantio, isto implica em uma maior eficiência no uso da água já que existe menor gasto de água para produzir cada kg de fruto de melão.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Crato, pela bolsa de produtividade em pesquisa e por proporcionar os materiais e a infraestrutura requerida.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agro Informativos, 2015. 496p.

AMARIZ, A.; LIMA, M. A. C.; BRAGA, M. B.; TRINDADE, D. C. G.; RIBEIRO, T. P.; SANTOS, A. C. N. Conservação pós-colheita de melão cultivado com diferentes tipos de cobertura do solo e com uso de manta agrotêxtil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 49, Águas de Lindóia. Anais.... Brasília: **Horticultura Brasileira**, v.27, p.548-544, 2009.

BOJANIC, A. Água e segurança alimentar. Santiago, Chile, 2012. Disponível em https://www.fao.org.br/DMApcqcn15mladFAO.asp. Acesso em 18 Jan. 2018.

BRAGA, M. B.; MAROUELLI, W. A.; RESENDE, G. M.; MOURA, M. S. B.; COSTA, N. D.; CALGARO, M.; CORREIA, J. S. Coberturas do solo e uso de manta agrotêxtil (TNT) no cultivo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.1, p.147-153, 2017.

BRAGA, M. B.; RESENDE, G. M.; MOURA, M. S. B.; DIAS, R. S.; COSTA, N. D.; M. CALGARO; CORREIA, J. S.; SILVA, F. Z. Produtividade e qualidade do melão submetido a diferentes tipos de cobertura do solo. **Irriga,** Botucatu, v.15, n.4, p. 422-430, 2010.

BRAGA, M. B.; RESENDE, G. M.; MOURA, M. S. B.; COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S.; CORREIA, J. S.; SILVA, F. Z. Produtividade e qualidade do melão em função da cobertura do solo no Vale do São Francisco**. Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, p.3939-3945, 2009.

CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA NETO, F.; BARROS Jr, A. P. B. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.37, n.1, p.58-63, 2007.

CAMPELO, A. R.; AZEVEDO, B. M.; NASCIMENTO NETO, J. R.; VIANA, T. V. A.; PINHEIRO NETO, L. G.; LIMA, R. H. Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2, p.138-144, 2014.

DANTAS, D. C.; MEDEIROS, J. F.; FREIRE, A. G. Produção e qualidade do meloeiro cultivado com filmes plásticos em respostas à lâmina de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.3, p.652-661, 2011.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solo, 2014. 376 p.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; FERREIRA, R. S.; DUTRAS, A. F.; FIGUEIREDO, L. F. Aspectos morfofisiológicos, rendimento e eficiência no uso da água do meloeiro “Gália” em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.957-964, 2011.

FERREIRA, G. B. **Sustentabilidade dos agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido paraibano**. 2012. 139f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

FREITAS, L. D. A.; FIGUEIRÊDO, V. B.; PORTO FILHO, F. de Q.; COSTA J. C. da; CUNHA, E. M. da. Crescimento e produção do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade e nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S20–S26, 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18s0/1415-4366-rbeaa-18-supl-0020.pdf>. Acesso em 12/02/2018.

JALEEL, C. A.; GOPI, R.; SANKAR, B.; GOMATHINAYAGAM, M.; PANNEERSERVAM, M. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharantus roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologie**, v.331, n.1, p.42-47, 2008.

LOPES, S. J.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. dos.; FAGAN, E. B.; LOPES DA LUZ, N. G.; MEDEIROS, S. L. P. Estimativa da área foliar de meloeiro em diferentes estádios fenológicos por fotos digitais. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1153–1156, 2007.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande-PB. Instituto Nacional do Semiárido: Estudos e aplicações. 2011. 440p.

MEDEIROS, J. F. de.; SANTOS, S. C. L.; CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.4, p.538-543, 2007.

MELO, T. K. de.; MEDEIROS, J. F. de.; SOBRINHO, J. E.; FIGUEIRÊDO, V. B.; PEREIRA, V. da C.; CAMPOS, M. de S. Evapotranspiração e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.12, p.1235–1242, 2011.

MONTEIRO, R. O. C. **Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido**. 2007. 78f.Tese de Doutorado - ESALQ, USP. Piracicaba, 2007.

MOTA, J. C. A.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; AMARO FILHO, J. Armazenagem de água e produtividade de meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. **Ciência do Solo**, v.34, n.5, p.1721-1731, 2010.

NASCIMENTO, I. B.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, M. C.C.; MEDEIROS, J. F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M. Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.555-558, 2002.

PIRES, M. M. M. L; SANTOS, H. A.; SANTOS, D. F.; VASCONCELOS, A. S.; ARAGÃO, C. A. Produção do meloeiro submetido a diferentes manejos de água com o uso de manta de tecido não tecido. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.2, p.304-310, 2013.

PIVETTA, C. R. **Posição dos gotejadores e cobertura do solo com plástico, crescimento radicular, produtividade e qualidade do melão**. 2010. 94f. Tese de Doutorado – Universidade Federal de santa Maria, Santa Maria, 2010.

PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas. In: Medeiros, S. de S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. de O.; Paz, V. P. da S. (ed.). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap.3, p.59-85.

QUEIROGA, R. C. F.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R. Partição de assimilados e índices fisiológicos de cultivares de melão do grupo Cantulupensis influenciados por número e posição de frutos na planta, em ambiente protegido. **Ceres**, v.55, n.06, p.596-603, 2008.

SILVA, J. N.; FIGUEIREDO, J. P.; FIGUEIREDO, L. F.; SILVA, T. H.; ANDRADE, R. Influência de diferentes lâminas de irrigação no crescimento do meloeiro cantaloupe. In: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 6, Fortaleza, 2012. Anais... INOVAGRI: Fortaleza, 2012.

SILVA, M. S. L. da; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos; HONÓRIO, A. P. M.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (ed.). Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. **Petrolina: Embrapa Semi-Árido**, v.1, p.121-137, 2007.

TOMAZ, H. V. de Q.; PORTO FILHO, F. de Q.; MEDEIROS, J. F. de; DUTRA, I.; QUEIROZ, R. F. Crescimento do meloeiro sob diferentes lâminas de água e níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.174-178, 2008.

YURI, J. E.; COSTA, N. D.; CORREIA, R. C.; SANATANA, A. L.; GOMES SOBRINHO, I. Cultivo do meloeiro sob dois tipos de mulching e diferentes espaçamentos de plantio. Horticultura Brasileira, v.31, n.2, (Suplemento-CD Rom), 2014.

CAPÍTULO 5

EFFECT OF ALGA EXTRACT, *Ascophyllum nodosum* (L.) IN WATERMELON GROWTH

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 20/10/2021

Antonio Francisco de Mendonça Júnior
Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE), Agronomy Department
Recife, PE, Brazil
http://lattes.cnpq.br/3551551589013115

Ana Paula Medeiros dos Santos Rodrigues
Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE), Agronomy Department
Recife, PE, Brazil
http://lattes.cnpq.br/9147805649299722

Rui Sales Júnior
Rural Federal University of Semiarid (UFERSA), Agronomy and Plant Protection Department
Mossoró, RN, Brazil
http://lattes.cnpq.br/8366676949063957

Silmare Nogueira do Nascimento Pereira
Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE)
Recife, PE, Brazil
http://lattes.cnpq.br/6703826049484333

Kevison Romulo da Silva França
Federal University of Alagoas (UFAL), Plant Protection Department
Rio Largo, AL, Brazil
http://lattes.cnpq.br/7711441732709492

Mylena Carolina Calmon de Souza Barros
Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE)
Recife, PE, Brazil
http://lattes.cnpq.br/8297262091611873

Elielma Josefa de Moura
Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE)
Recife, PE, Brazil
http://lattes.cnpq.br/0821347377219075

Milton César Costa Campos
Federal University of Paraíba (UFPB)
Areia, PB, Brazil
http://lattes.cnpq.br/9041514924498589

ABSTRACT: The objective of the research was to evaluate the influence of the seaweed extract applications, *Ascophyllum nodosum* (L.) on growth of watermelon plants. The experiment was applied the completely randomized design, in factorial schemes 2x4, with five replications. The treatments consisted of combination of two seed treatments [soaking in potable water and Acadian®] and four periods (0, 7, 10 and 14 days) under the dose of 3mL L-1. It was used, for each experimental unit, 100 mL of the solution prepared. Applications in intervals of 10 and 14 days were most promising, regardless of seed treatment. They promoted significant differences in the growth variables evaluated, shoot length, fresh shoot weight, shoot dry weight, root length, fresh root weight and dry root weight.

KEYWORDS: Acadian®, Biofertilizers, *Citrillus lanatus.*

EFEITO DO EXTRATO DE ALGA, *Ascophyllum nodosum* (L.) NO CRESCIMENTO DE MELANCIA

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de aplicações do modelo comercial Acadian®, à base da alga *Ascophyllum nodosum* (L.), no crescimento de plantas de melancia. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4, oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de dois tratamentos de sementes [embebição em água potável e Acadian®], em quatro períodos de aplicação (0, 7, 10 e 14 dias), sob uma dose de 3mL L^{-1}. As aplicações foram via fertirrigação, sendo 100 mL da solução preparada a quantidade utilizada para cada unidade experimental. As aplicações nos intervalos de 7, 10 e 14 dias mostraram-se mais adequadas, independentemente do tratamento de sementes. Pois promoveram diferenças significativas nas variáveis de crescimento avaliadas, comprimento da parte aérea, peso fresco de parte aérea, peso seco de parte aérea, comprimento de raiz, peso fresco de raiz e peso seco de raiz.

PALAVRAS-CHAVE: Acadian®, Biofertilizantes, *Citrillus lanatus.*

1 I INTRODUCTION

Watermelon (*Citrullus lanatus*) is one of the main olericulture species cultivated in Brazil, standing out as a product of great importance for the agribusiness of the country, occupying the 8th position in the ranking of the most exported fruits in 2009, with 28,261.7 tons exported, yielding about $ 12.4 million (IBRAF, 2014). The production in the country is distributed among the Northeast, South and North regions, being the first region the main producer, responsible for over 34% of the national production, and the states of Bahia (338,365 t), Pernambuco (103,615 t) and Rio Grande (76,872 t) are the largest states producers (IBGE, 2013).

In the state of Rio Grande do Norte, in the Mossoró-Assú region, the watermelon stands out for its be one of the most produced and exported crop, no longer being exploited only during the rainy season, become a technified activity practiced for small, medium and large companies that send their production to large markets such as CEAGESP-SP and to the external market (TORRES, 2007).

The consumer market is increasingly demanding for healthier foods, free of pesticides and fertilizers, therefore studies are being carried out to develop new technologies that reduce the use of agricultural inputs, and provide improvements to the physical, chemical and biological soil characteristics, in addition to maintain a good production and quality of the fruits (ASERI et al., 2008). In this context, an alternative distinct from chemical inputs would be the use of macroalgae as a biofertilizer

The macroalgae have in their composition, nutrients, amino acids, vitamins, cytokinins, auxins and abscisic acid (ABA) that act as plant development promoters (STIRK; NOVAK; STADEN, 2003). Marine algae have direct activity in plant protection against phytopathogens, and also promote the production of bioactive molecules capable to induce

resistance in plants (TALAMINI; STADNIK, 2005). The species *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis is the most researched in the agriculture (UGARTE et al., 2006). The extract stimulates plant growth due to its composition rich in macro and micronutrients, carbohydrates, amino acids, and plant hormones specific from algae (ANASAC, 2006).

Commercial products based on *A. nodosum* (L.) seaweed extract, such as Acadian®, present 13.0 to 16.0% organic matter, 1.01% amino acids (alanine, aspartic and glutamic acid, glycine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, proline, tyrosine, tryptophan and valine), carbohydrates, and concentrations of nutrients N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu and Zn. They also present growth hormones (auxins, gibberellins, cytokinins, abscisic acid), resistance elicitors and micronutrient transport aids, which stimulate plant growth and improve fruit (ACADIAN, 2009).

The use of the extract of *A. nodosum* (L.) for commercial crops in general, is in a fully expansion, with more precise information needs to achieve the adequate use. In this context, the objective of the present work was to evaluate the production and quality of watermelon treated with the commercial product of algae extract *A. nodosum* (L.), Acadian®.

2 I MATERIAL AND METHODS

The experiments were carried out from January to May 2015 in the greenhouse at the Department of Plant Sciences (DCV) of the Rural Federal University of Semi Arid (UFERSA), Mossoró - RN.

Soil samples were collected from UFERSA 's didactic garden at 0 - 20 cm, dried, and then sieved in a 2 mm mesh. Subsequently, they were submitted to a chemical analysis at the Chemistry and Fertility Soil Laboratory of UFERSA and presented the following results: pH (H_2O) = 7.0; MW = 0.26%; P = 210 mg dm^{-3}; K = 0.43 cmolc dm^{-3}; Na = 0.15 cmol / dm^{-3}; Ca = 3.3 cmolc dm^{-3}; Mg = 1.8 cmol-dm^{-3}; Al = 0.00 cmolc dm^{-3}. The soil was classified as abrupt eutrophic red-yellow argisol and sand texture.

The experiment was conducted as a completely randomized design with eight treatments and five replications in a 2 x 4 factorial scheme. The treatments consisted on the combination of two seed treatments (soaking in potable water and Acadian®), with four application intervals (0, 7, 10 and 14 days after sowing).

Plastic vases with the capacity of 3.0 kg were filled with the mixture of autoclaved soil, quartz sand, and commercial substrate 'Tropstrato HT', in a ratio of 1: 1: 1 of volume. Watermelon seeds of cultivar 'Crimson Sweet' were sown at approximately two centimeters deep, two per container, equidistant from the edges of the vases. After seven days of sowing, thinning was realized leaving one plant per container or experimental unit. The application of the product occurred with the application of the solution directly to the soil being the treatment dose recommended by hectare.

After 40 days of sowing, the plants were carefully removed from the containers to

avoid breaking the root system and washed in running water until the roots were free of the substrate particles. Subsequently, the following variables were analyzed: aerial part length (APL) (cm), aerial part fresh weight (APFW) (g), aerial part dry weight (APDW) (g), root length (RL) (cm), root fresh weight (RFW) (g) and root dry weight (RDW) (g).

The data obtained in this experiment were submitted to analysis of variance for the characteristics evaluated using statistical software ASSISTAT, version 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009). In the cases where the treatment data presented significant differences, the F test was applied to the 5% probability level. The mean test was used to compare the means, at the 5% probability level.

3 I RESULTS AND DISCUSSION

Significant interaction was observed between the application interval of *A. nodosum* (L) extract, Acadian®, and the seed treatments used on watermelon plants for the variables APFW, RL and RFW, indicating that there is a dependence between these factors. However, there was no interaction for APL, APDW and RDW by F test (P<0.01) (Table 1).

F.V.[1]	DF	APL (cm)	APFW (g pl^{-1})	APDW (g pl^{-1})	RL (cm)	RFW (g pl^{-1})	RDW (g pl^{-1})
F1	3	2766,3333*	892,1788**	6,7337**	37,5562^{ns}	22,3253**	0,0743^{ns}
F2	1	2,5000^{ns}	307,5812**	12,8403**	28,0562^{ns}	0,1836^{ns}	0,0987^{ns}
F1 x F2	3	645,5000^{ns}	250,9652**	0,4256^{ns}	387,5229**	9,2760*	0,0038^{ns}
Residue	32	771,7000	29,9442	0,2544	49,7875	3,0286	0,0387
CV (%)	-	23,38	13,80	12,41	15,63	28,42	25,42

P <0.01, F test; * P <0.05, F test; Ns: Not significant.

[1]F1 - Application intervals: 0, 7, 10 and 14 days (solution with 3 mL L^{-1} *Ascophyllum nodosum* (L.) extract, - Acadian®); F2 - Treatment of seeds: treated seeds (soaking in extract of *A. nodosum*) and untreated (soaking in potable water) / 1 hour before sowing.

Tabela 1. Summary of the analysis of variance for variables: aerial part length (APL) (cm), aerial part fresh weight (APFW) (g), aerial part dry weight (APDW) (g), root length (RL) (cm), root fresh weight (RFW) (g) and root dry weight (RDW) (g) of watermelon under different application intervals and seed treatments.

According to the results of the variance analyses, the the Acadian® application intervals showed significant differences by the F test (P<0.01), for almost all the variables analyzed, except for RL and RDW. It is also observed that, when the different seed treatments were evaluated, there were only significant differences, by the F test (P<0.01) for APFW and APDW. However, there was no interaction between the factors application interval and seed treatment, for the variables APL, APFW and RDW.

Analyzing the application interval factor, it was observed that the treatments that received Acadian®, showed better performance when compared with the control, by the

Scott-Knott test at 5% significance, which did not receive application of the product (Table 2).

A.I.[1] \ Variables	APL (cm)	APFW (g pl^{-1})	APDW (g pl^{-1})	RL (cm)	RFW (g pl^{-1})	RDW (g pl^{-1})
0	100,100b	26,119c	2,892b	43,100a	4,683b	0,669a
7+7+7+7	114,400b	40,328b	4,769a	47,750a	5,231b	0,855a
10+10+10	140,200a	47,017a	4,155a	44,600a	8,034a	0,833a
14+14	134,500a	45,112a	4,441a	45,100a	6,543a	0,740a

Means followed by the same letter do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance level.

[1]Application intervals: 0, 7, 10 and 14 days (solution with 3 mL-1 of *Ascophyllum nodosum* (L.) extract, Acadian®).

Table 2. Average of the variables: aerial part length (APL), aerial part fresh weight (APFW), aerial part dry weight (APDW), root length (RL), root fresh weight (RFW) and root dry weight (RDW) of watermelon at different application intervals (AI) of the algae extract *Ascophyllum nodosum* (L.), Acadian®.

In general, the watermelon plants that received applications at intervals of 10 and 14 days were superior to those that received weekly applications. According to the analysis of the results, it is suggested the choice of the application interval of 14 days, since it will reduce the amount of product to be applied, which may promote significant reduction in the costs of management of the culture.

According to Salisbury and Ross (2012), the extract of *A. nodosum* (L.) is rich in plant hormones, including auxin, responsible for cell elongation and growth promotion. Possibly the plants that received more applications of the product, in this case the interval of 7 days, may have shown a reduced growth in relation to the other intervals, because they accumulated a greater amount of auxins, thus causing a reduction in growth.

Regarding the treatment of seeds with extract of *A. nodosum* (L.), Acadian®, it was observed that the variables APFW and APDW were superior when seeds were treated with extract of *A. nodosum* (L.), with an increase of 13.07 and 24.46%, respectively. This was not observed for the variables APL, RL, RFW and RDW (Table 3). This suggests that the effect of seed treatment with Acadian® may be more effective in the seedling stage.

S.T.[1] \ Variables	APL (cm)	APFW (g pl^{-1})	APDW (g pl^{-1})	RL (cm)	RFW (g pl^{-1})	RDW (g pl^{-1})
Potable water	118,550a	36,871b	3,498b	44,300a	6,190a	0,724a
Acadian®	119,050a	42,417a	4,631a	45,975a	6,055a	0,824a

Averages followed by the same letter do not differ by the Scott-Knott Test at 5% significance level.

[1]Seed treatment: Treated (soaking in *Ascophyllum nodosum* (L.) extract, Acadian®) and untreated (soaking in potable water) seeds / 1 hour before sowing.

Table 3. Average of the variables: aerial part length (APL), aerial part fresh weight (APFW), aerial part dry weight (APDW), root length (RL), root fresh weight (RFW) and root dry weight (RDW) of watermelon under different seed treatments. Mossoró - RN, 2015.

These results corroborate the study conducted by Marcos Filho e Vieira (2009) and indicate that seeds treated with the algae extract have high metabolic activity, therefore, originate seedlings with high growth rates and rapid emergence in the field. It is also possible to relate the results of the study with the possible increase in endogenous cytokinin production that is induced by the extract of *A. nodosum* (L.), as well as proposed Khan et al. (2011).

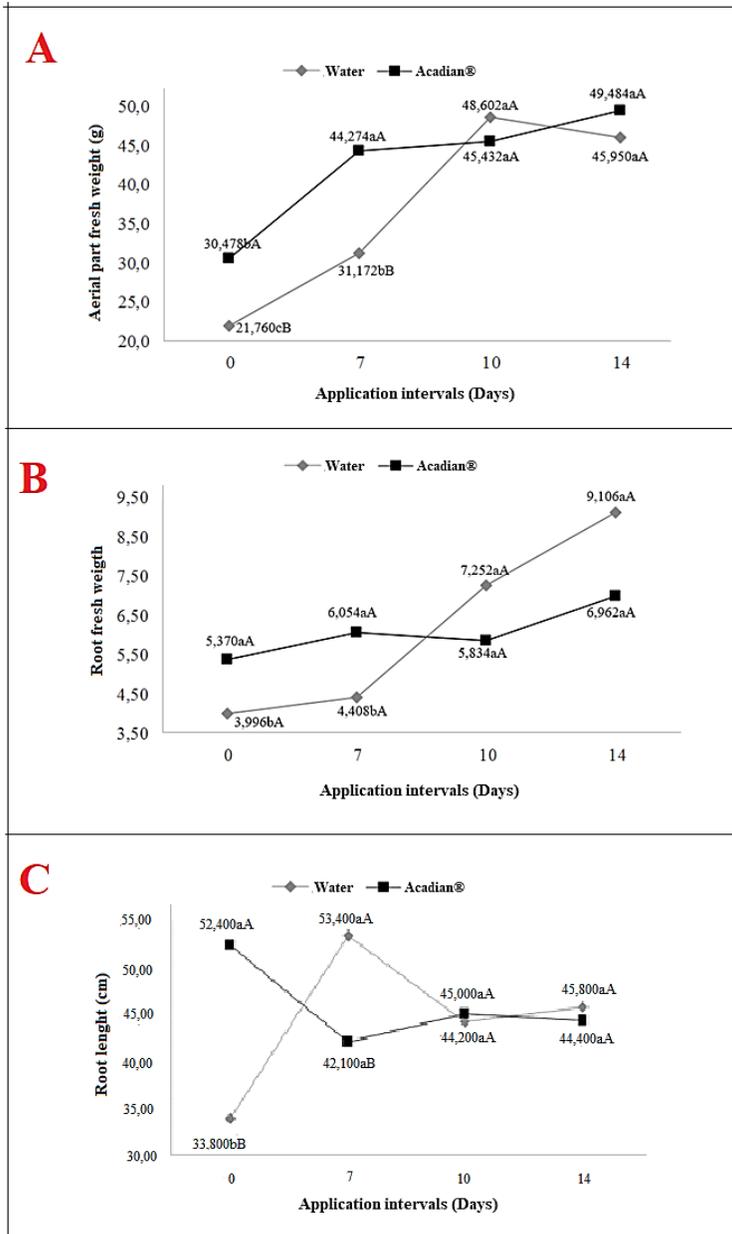
In the interaction between application interval and seed treatment, a general superiority of values was observed when watermelon plants were subjected to Acadian® application, regardless of seed treatment. (Figure 1).

Means followed by the same lower case letter within treatments and upper case between treatments do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance level.

Figure 1. Average of the variables: (A) aerial part fresh weight (APFW), (B) root fresh weight (RFW) and (C) root length (RL) of watermelon under different application intervals.

However, it is possible to observe more pronounced effects for seed treatment when there is no application of Acadian® (A.I. - 0). It can be inferred that there is an interaction between the factors, since the different parts of the plant respond in different ways to the

seed treatment and the different application periods. It can also be highlighted that, when submitted to applications with Acadian®, the watermelon plants had a similar effect, with closer values, excluding from this only the applications spaced at 7 days, which in turn, showed more significant interaction of the factors.

Thus, when the proper application interval is determined, the effect of seed treatment is suppressed. However, when Acadian® is not applied or is applied in excess, the seed treatment influences the growth and development of the watermelon plant.

4 I CONCLUSION

Watermelon plants that received applications at 7, 10, and 14 day intervals were superior to those that did not receive an application, regardless of seed treatment.

REFERENCES

ACADIAN AGRITECH. **Ciência das Plantas**, 2009. Site Institucional. Disponível em: <http://www.acadianagritech.ca/portuguese/PSansA.htm>. Acesso em: 05 set. 2014.

ANASAC - Agrícola Nacional. In: MARTINS, D. A. **Uso de extratos à base de algas para controlar a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a ferrugem (*Uromy cesappendiculatus*) do feijoeiro**. 41f. Monografia de conclusão - Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ASERI, G. K. JAINA, N.; PANWARB, J.; RAOC, A.V.; MEGHWALC, P.R. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. **Sciencia Horticulturae.** v.117, n.2, p.130-135, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (IBRAF). Disponível em <http://www.ibraf.org.br>. Acesso em: 15 set. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola municipal: Culturas temporárias e permanentes**. 2013. 99p.

KHAN, W; HILTZ, D; CRITCHLEY, A, T; PRITHIVIRAJ, B. Bioassay to detect Ascophyllum nodosum extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Applied Phycology**. Dordrecht, v.23, p.409-414, 2011.

MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R.D. Seed vigor tests: procedures: Conductivity tests. In: Baalbaki R. et al. (Orgs.). **Seed vigor tests handbook**. Ithaca: AOSA, 2009;186-200.

SALISBURY, F.B; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. São Paulo: Cengage Learning, p. 391-393, 2012.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO CAV. Principal Components Analysis in the Software Assistat - Statistical Attendance. World Congress on Computers in Agriculture: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

STIRK WA, NOVAK MS, VAN STADEN J. Cytokinins in macroalgae. **Plant Growth Regulation**, v.41, p.3-24, 2003.

TALAMINI, V.; STADNIK, M. J. Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. **Manejo ecológico de doenças de plantas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, cap. 3, p.45-62, 2004.

TORRES, S. B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes.** v.29, n.3, p.77-82, 2007.

UGARTE, R.A.; SHARP, G.; MOORE, B. Changes in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis. Plant morphology and biomass produced by cutter rake harvests in southern New Brunswick, Canada. **Journal of Applied Phycology.** v. 18, n. 3-5, p. 351-359, 2006.

CAPÍTULO 6

Anthonomus grandis (Coleoptera: Curculionidae): ANÁLISE DA BIOLOGIA, ECOLOGIA E DANOS VISANDO MELHORES ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 11/11/2021

Ayala de Jesus Tomazelli
Universidade Estadual de Santa Cruz, Agronomia UESC
Ilhéus – BA
http://lattes.cnpq.br/9159403417182174

Cleone Junio Lelis Santos
Universidade Estadual de Santa Cruz, Agronomia UESC
Ilhéus – BA
http://lattes.cnpq.br/5261446180234394

Francisco Orrico Neto
Universidade Estadual de Santa Cruz, Mestrando PRODEMA - UESC
Ilhéus – BA
http://lattes.cnpq.br/3396518610168096

Juliana Stracieri
Universidade Estadual de Santa Cruz, Professora DCAA UESC
Ilhéus - BA
https://orcid.org/0000-0003-4670-834

RESUMO: A cotonicultura brasileira tem grande importância no agronegócio do país, ocupando a posição de quarto maior produtor de algodão em caroço e o segundo maior em exportação de fibra de algodão. O bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) é um inseto da ordem Coleoptera e pertence à família Curculionidae. Foi descrito pela primeira *em 1843 por* Boheman e chegou ao Brasil em 1983 sendo hoje uma das principais pragas da cultura no país, devido aos grandes danos causados nas estruturas reprodutivas do algodoeiro, além disso a praga encontrou no país as condições ideais para o seu desenvolvimento e sobrevivência e apresenta uma grande capacidade de reprodução, podendo ocorrer até 7 gerações do inseto em uma mesma safra. A espécie apresenta o fenômeno de diapausa, porém nas condições tropicais das áreas produtoras do Brasil, esse fenômeno não acontece integralmente sendo que a praga consegue se alimentar de pólen de diferentes famílias de plantas que ocorrem no cerrado, o que dificulta o seu controle durante a entressafra. Os insetos adultos se alimentam e ovipositam principalmente nos botões florais da planta de algodão danificando essas estruturas. Os métodos de controle desta praga estão inseridas no conceito do manejo integrado de pragas. O controle é realizado principalmente através do controle químico, controle cultural, controle comportamental e controle legislativo. Há alguns trabalhos realizados em laboratório que mostram potencial no controle biológico aplicado desta praga, porém são necessárias maiores aplicações a nível de campo afim de avaliar a real eficiência. Há muitos inseticidas registrados para o bicudo no Brasil, contudo a maioria pertence aos mesmos grupos químicos ou possuem o mesmo modo de ação, dificultando a rotação desses produtos no manejo da resistência de pragas. O trabalho foi realizado através de revisão de literatura abordando os aspectos gerais de *Anthonomus grandis,* sua biologia e ecologia, seus danos na produção de algodão,

danos econômicos e quais são as formas de controle disponíveis para seu manejo.
PALAVRAS-CHAVE: Bicudo do algodoeiro. *Gossypium hirsutum.* Inseto praga. Danos. MIP.

Anthonomus grandis (Coleoptera: Curculionidae): ANALYSIS OF BIOLOGY, ECOLOGY AND DAMAGE FOR BETTER CONTROL STRATEGIES

ABSTRACT: The Brazilian cultivation of cotton is of great importance in the country's agribusiness, occupying the position of fourth largest producer of seed cotton and the second largest in cotton fiber exports. The cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*) is an insect of the order Coleoptera and belongs to the Curculionidae family. It was first described in 1843 by Boheman and arrived in Brazil in 1983 and is today one of the main pests of the crop in the country, due to the great damage caused to the reproductive structures of cotton. In addition, the pest found in the country the ideal conditions for its development and survival and has a great capacity for reproduction, with up to 7 generations of the insect being able to occur in the same season. The species presents the phenomenon of diapause, but in tropical conditions in producing areas in Brazil, this phenomenon does not fully occur and the pest is able to feed on pollen from different families of plants that occur in the biome of cerrado, which makes its control difficult during the off season. Adult insects feed and lay eggs mainly on the floral buds of the cotton plant, damaging these structures. The method of control of this pest are included in the concept of integrated pest management. Control is mainly carried out through chemical control, cultural control, behavioral control and legislative control. There are some works carried out in the laboratory that show potential in the applied biological control of this pest, but larger field applications are needed in order to assess the real efficiency. There are many registered insecticides for the boll weevil in Brazil, however most belong to the same chemical groups or have the same mode of action, making it difficult to rotate these products in the management of pest resistance. The work was carried out through a literature review addressing the general aspects of *Anthonomus grandis*, its biology and ecology, its damage to cotton production, economic damage and what are the control methods available for its management.
KEYWORDS: Cotton boll weevil. *Gossypium hirsutum*. insect pests. Damage. IPM.

1 | INTRODUÇÃO

A cotonicultura é um dos setores agrícolas mais modernos do Brasil e do mundo, resultado de profundas mudanças no sistema de produção ao longo dos anos. Até meados da década de 1990 a produção se concentrava no Sul e Sudeste do Brasil com baixo aporte tecnológico quando comparado ao modelo empresarial do momento presente. O Centro-Oeste do país passou a ser o novo destaque da produção de algodão quando o cultivo migrou para o Cerrado através da iniciativa de produtores de soja da época, surgindo assim a produção em extensas áreas e adoção de novas tecnologias (ALVES; LIMA; FERREIRA FILHO, 2014).

Atualmente o Brasil é o quarto maior produtor mundial de algodão e ocupa a segunda posição no ranking de exportação, sendo os Estados do Mato Grosso e Bahia

os maiores produtores nacionais, respectivamente (FAO, 2021). O sucesso desse setor é explicado pela riqueza de produtos gerados na sua produção, sendo a pluma o principal produto, com a importante finalidade de abastecer a indústria têxtil; o caroço subproduto do beneficiamento é rico em óleo e proteínas e é utilizado na indústria alimentícia e de rações, sendo que o óleo também pode ser utilizado para o biodiesel (SILVA et al., 2009).

O bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) é uma das principais pragas da cultura do algodão no Brasil, danificando as estruturas reprodutivas da planta e comprometendo a produção de fibras. Os problemas causados por essa praga ocorrem desde sua chegada ao país em 1983 e hoje está presente em todas as regiões produtoras de algodão (SANTOS, 2015). Sua rápida disseminação e consolidação pelas lavouras brasileiras pode ser explicado pelo clima favorável ao seu desenvolvimento, as grandes áreas de monocultura de algodão, ausência de inimigos naturais nas áreas onde ocorre e a capacidade da praga de sobreviver na entressafra (MIRANDA; RODRIGUES, 2016). Além disso, o desenvolvimento das fases imaturas da praga ocorre dentro das estruturas reprodutivas, protegendo-as e as fêmeas possuem alto potencial de reprodução (SUJII; PIRES, 2015).

Os danos causados pelo curculionídeo é resultado da sua alimentação e oviposição nas estruturas reprodutivas do algodoeiro, principalmente botões florais e maçãs, respectivamente; para diminuir o seu prejuízo são realizadas em média 18 a 23 pulverizações por safra (MIRANDA; MORAIS, 2018), sendo essas aplicações responsáveis por cerca de 50% dos custos com inseticidas na cotonicultura, resultando em alto custo de produção e impactos ambientais (PAPA; CELOTO, 2015). Embora o controle químico seja essencial para o manejo do bicudo, o manejo integrado de pragas é uma ferramenta de extrema importância, o controle químico se utilizado como única ferramenta não consegue suprir os prejuízos causados pelo curculionídeo, pois as pulverizações realizadas só conseguem atingir com eficiência o inseto na fase adulta, além disso, o uso excessivo de inseticidas pode causar danos ao ambiente e ao homem e ocasionar o surgimento de pragas resistentes (PAPA; CELOTO, 2015). Dentro do conceito de MIP, há outros métodos que podem ser utilizados junto ao controle químico, como o controle cultural, controle comportamental, controle biológico, controle legislativo e resistência de plantas. Com isso, os produtores devem buscar todas as alternativas disponíveis e eficazes que possam ajudar na luta contra o bicudo (RODRIGUES; MIRANDA, 2015).

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura abordando aspectos gerais do bicudo do algodoeiro, seu histórico, biologia e ecologia; os danos e prejuízos que causa na cultura do algodão e os métodos de controle mais utilizados no manejo da praga.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Algodoeiro

O algodoeiro *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) é uma planta de porte pequeno, arbustiva, com altura variando de 60cm a 100cm. As plantas dessa espécie são pouco ramificadas, com caule de coloração verde ou marrom, folhas largas, palmadas, tri ou pentalobadas e geralmente pilosas. As flores são grandes e suas pétalas apresentam cor que varia de branco a creme e se tornam violáceas após as flores serem fecundadas. O algodoeiro herbáceo, é tratado como anual e possui ramos frutíferos e vegetativos com dois tipos de folhas que se associam aos ramos vegetativos ou reprodutivos, a principal diferença entre esses ramos é que no ramo reprodutivo, o meristema apical origina um prófilo e uma folha verdadeira que termina em uma flor, enquanto o ramo vegetativo continua a emitir folhas (LIMA; ARQUINO; BERGER, 2014).

A propagação do algodoeiro ocorre principalmente via sementes e estas são cobertas com línter que são fibras pequenas que representam 8 a 12% do peso da semente. As sementes possuem cerca de 30 a 35% de óleo e 40 a 45% de proteínas em sua constituição. O sistema radicular é pivotante, apresentando bom desenvolvimento nas condições ideais de crescimento da planta e pode alcançar até 2,5m de profundidade, sendo que a maior parte das raízes se situam nos primeiros 30cm a 50 cm de profundidade do solo. No caule ocorre a presença de tricomas e glândulas internas que armazenam gossipol, uma substância que confere certa defesa a planta contra pragas e doenças. As folhas verdadeiras da planta de algodão são simples e incompletas; as folhas vegetativas se situam no ramo principal e nos ramos, enquanto as folhas reprodutivas surgem do lado oposto de cada nó frutífero junto a estrutura reprodutiva. Por apresentar hábito indeterminado, os frutos (drenos) e as folhas frutíferas (fonte da produção de assimilados) não ocorrem de forma sincronizada. As flores do algodoeiro se desenvolvem na planta em espiral, em que primeiro surge a primeira flor do primeiro ramo frutífero, depois a primeira flor do segundo ramo frutífero, depois a primeira do terceiro ramo frutífero, quando então retorna para o primeiro ramo frutífero emitindo a segunda flor, ou seja, ocorre um intervalo vertical entre os ramos que produzem frutos e um intervalo horizontal em cada ramo frutífero. O fruto apresenta de três a cinco lóculos e cada lóculo geralmente possui de seis a oito sementes, quando ainda jovem o fruto do algodão é denominado de maçã e após a sua abertura passa a ser chamado de capulho. Quando mumificado pelo ataque de pragas como o bicudo do algodoeiro ou por condições climáticas adversas, o capulho é chamado de carimã (LIMA; ARQUINO; BERGER, 2014).

O algodoeiro exige de 650 a 690mm de água por ciclo e sua exigência é menor na fase inicial da cultura, a partir da formação das estruturas reprodutivas e com maior crescimento vegetativo a planta passa exigir aproximadamente 8mm/dia. A água é fator importante na germinação e emergência e a maior sensibilidade da planta ao déficit hídrico ocorre durante a floração e formação das maçãs. A planta de algodão é influenciada pela

temperatura em todas as fases do seu ciclo de vida, sendo que na germinação e emergência a temperatura ideal fica em torno de 32°C e na abertura de botões florais e florescimento da cultura a temperatura considera ótima fica na faixa de 22°C a 30°C. Quanto a luminosidade, por ser uma planta C3, o algodoeiro necessita de 140 a 160 dias ensolarados para se desenvolver bem (LIMA; ARQUINO; BERGER, 2014).

2.2 Importância econômica da cotonicultura

O Algodoeiro é uma das culturas mais importantes para o setor agrícola do Brasil e do mundo. A pluma é um dos principais produtos comercializados, sendo obtido do beneficiamento do algodão em caroço e utilizado principalmente pela indústria têxtil. O caroço como subproduto do beneficiamento pode ser utilizado para alimentação de ruminantes, extração de óleo para alimentação humana e para a produção de biodiesel (SILVA et al., 2009).

A cotonicultura no Brasil passou por profundas mudanças nos últimos 20 anos para chegar ao modelo atual, até 1996 a produção em sua maioria era realizada com baixo aporte tecnológico e em pequenas propriedades localizadas principalmente no Sul e Sudeste do país (ALVES; LIMA; FERREIRA FILHO, 2014). A produção de algodão começou a ganhar força a partir do ano de 1930, um momento de instabilidade por causa da crise do café (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Em meados da década de 1970 o cultivo de algodão se concentrava no Paraná e em São Paulo. Porém, em 1980 houve alguns acontecimentos que acarretaram uma crise na cotonicultura, um deles foi a chegada do bicudo do algodoeiro ao Brasil, essa crise durou até o meio da década de 1990 quando se iniciou um novo modelo de produção, o cultivo migrou principalmente para o cerrado, onde as propriedades produtoras de algodão passaram a funcionar como verdadeiras empresas, sendo cultivado em áreas extensas. Os produtores investiram em tecnologias como a colheita mecanizada, utilização de novas variedades e passaram a cultivar o algodão herbáceo. A partir de 1996, o Mato Grosso já era o maior produtor de algodão do país, Goiás também ganhou espaço se destacando como o segundo maior produtor, até que em 2002 a Bahia ocupou essa posição. Hoje, além do Centro-Oeste, a região Norte/Nordeste do Brasil também tem elevada importância na cotonicultura, com destaque para os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia (ALVES; LIMA; FERREIRA FILHO, 2014).

Desde o ano de 2010 o Brasil se consolidava como o quinto maior produtor mundial de algodão em caroço, a partir da safra de 2018 alcançou a posição de quarto maior produtor mundial, perdendo apenas para China, Índia e Estados Unidos, respectivamente. Além disso, o Brasil é o segundo maior exportador de fibra de algodão, ficando atrás apenas do Estados Unidos (FAO, 2021). O Brasil produziu 7.326.900 toneladas de algodão em caroço na safra 2019/2020. O Mato Grosso o maior produtor brasileiro teve uma produção de 5.118.700 toneladas de algodão em caroço em uma área plantada de 1.166.000 ha na safra 2019/2020, enquanto a Bahia produziu 1.491.600 toneladas em uma área de

313.700 ha; dessa forma, o Mato Grosso junto com a Bahia, são responsáveis por cerca de 90% da produção brasileira de algodão (CONAB, 2021). Segundo a Associação Brasileira dos Produtos de Algodão (ABRAPA) o Brasil é destaque na produtividade de algodão em condição de sequeiro no mundo, com produtividade em torno de 1.802 kg.ha^{-1}, sendo assim superior ao Estados Unidos nesse quesito (ABRAPA, 2021).

2.3 Histórico do bicudo do algodoeiro

O bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis) foi descrito oficialmente pela primeira vez em 1843 por* Boheman, *a partir de insetos coletados pelo* francês Chevrolat *entre* 1831 e 1835*, no México, sem registro do hospedeiro (*BASTOS et al*.,* 2005*).* Em 1880 foi encontrado bicudo danificando plantas de algodão próximo a Monclova, estado de Coahuila, no México. Após isso houve registros do inseto danificando cultivos de algodão em diversas regiões produtoras no México e causando grandes prejuízos (LUKEFAHR; BARBOSA; BRAGA SOBRINHO, 1984). A presença do bicudo no México foi um facilitador para a chegada da praga no Estados Unidos, por conta da proximidade de áreas infestadas deste país com estados produtores no sudeste norte-americano (BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983). Em 1892 constatou-se a presença de bicudo no Texas e após isso o inseto se espalhou para outros estados produtores do Estados Unidos. Em 1949 o bicudo já estava presente na Venezuela e em 1950 na Colômbia (TOMQUELSKI; MARTINS, 2008).

O Bicudo foi encontrado pela primeira vez no Brasil em 1983, em algodoeiro no município de Campinas, próximo do aeroporto de Viracopos (BUSOLI; MICHELOTTO, 2005). Em avaliações feitas por Habib e Fernandes (1983) em áreas de algodão na região de Campinas em 1983, o inseto foi encontrado em grande densidade populacional, provocando danos em botões florais e atingindo níveis próximos a 90% de infestação. Há muitas hipóteses sobre a origem da introdução do bicudo no Brasil, alguns autores sugerem que os insetos vieram do Sudeste dos Estados Unidos, nordeste do México, Haiti, República Dominicana, Venezuela ou Colômbia *(*BASTOS et al., 2005). Após quatro meses da detecção do bicudo em São Paulo, o inseto também foi encontrado na Paraíba e Pernambuco em áreas cultivadas com algodão. Em análise feita por especialistas da Texas A & M University, os insetos eram de mesma origem (MIRANDA; RODRIGUES, 2016). Dessa forma Degrande, Santos e Silva (2004) sugeriram que o bicudo pode ter chegado ao Brasil em dois focos distintos e separados, em Campinas (SP) e em Campina Grande/ Ingá na Paraíba.

De acordo com Degrande, Santos e Silva (2004), medidas sérias de controle deveriam ter sido tomadas assim que se constatou a presença do bicudo no Brasil, porém, por várias razões de cunho político, omissão dos produtores de algodão da época, alegações divergentes de cientistas e opiniões de ecologistas, nenhum plano de ação eficiente foi realizado para conter o avanço da praga no país.

2.4 Prejuízos econômicos do bicudo e entraves no controle da praga

Duas safras após o surgimento do bicudo do algodoeiro no Brasil em 1983, a praga já estava disseminada nas principais áreas produtoras de algodão (SANTOS, 2004). Por muito tempo o bicudo foi a principal praga da cotonicultura no Estados Unidos, até ser erradicado o inseto causou muitos prejuízos econômicos pela elevação dos custos de produção, principalmente com controle químico para erradicação da praga, as perdas foram estimadas em US$ 125 milhões a US$ 300 milhões por ano desde a sua chegada ao país americano. Em 1950 o bicudo foi denominado de "O inseto de 10 bilhões de dólares", se referindo ao valor aproximado de perdas causadas por esse inseto até o ano de 1950 (ALLEN, 2008). Em 1983, o Estados Unidos iniciou o programa de erradicação do bicudo no Sul da Carolina do Norte e na Carolina do Sul, sendo que até o ano de 2006 o programa conseguiu erradicar a praga em aproximadamente 5,22 milhões de hectares de cultivo de algodão (El-LISSY; GREFENSTETTE, 2005). Segundo Allen (2008), o programa de erradicação foi se expandindo para outras regiões e estados produtores do país estadunidense e em 2014 com exceção do baixo vale do Rio grande do Texas, todas as áreas do Estados Unidos ficaram livres da praga. Apesar de todos os esforços, o inseto ainda pode ser encontrado, embora em baixa densidade, em parte do Texas (BÉLOT; BARROS; MIRANDA, 2016).

O bicudo é a praga mais preocupante para a cotonicultura brasileira devido ao seu alto poder destrutivo. As extensas áreas produtivas, o clima favorável ao seu desenvolvimento e a ausência de inimigos naturais nas áreas de produção, são alguns dos motivos que favorecem a presença da praga nas lavouras brasileiras (MIRANDA; RODRIGUES, 2015). Além disso, a própria fisiologia da planta dificulta o manejo da praga, por ser de hábito indeterminado o algodoeiro emite estruturas reprodutivas de forma contínua, assim o inseto facilmente encontra na mesma planta botões florais, flores, maçãs e capulhos abertos em um mesmo período, com isso o bicudo tem a possibilidade de se alimentar e se reproduzir facilmente (ARAÚJO; BASTOS; TORRES, 2014).

Segundo Miranda e Morais (2018), o bicudo provoca perdas acima de 200 dólares por hectare, isso reflete em 10% do valor total da produção. A principal forma de controle ainda é o controle químico e são realizadas cerca de 18 a 23 pulverizações por safra. Os autores explicam que mesmo com a alta frequência de aplicações o manejo ainda é muito difícil, provocando impactos econômicos e ambientais, os adultos são os atingidos pelos inseticidas enquanto os ovos e larvas ficam protegidos nas estruturas reprodutivas da planta, se o monitoramento for falho e o controle for feito de forma tardia, as fêmeas conseguem se reproduzir e ovipositar, dando início a uma nova geração da praga antes que o inseticida entre em ação. De acordo com Papa e Celoto (2015), dos custos com agrotóxicos utilizados na cultura do algodão no Brasil, cerca de 50% é utilizado para o controle do bicudo. Já Miranda e Rodrigues (2016), relataram gastos com o controle desta

praga para a safra 2015/2016 no Brasil, em torno de US$ 360 milhões.

A dificuldade de se colocar em prática um plano de erradicação no Brasil como ocorreu no Estados Unidos, está ligado a inúmeros fatores; as regiões produtoras brasileiras não possuem um inverno rigoroso como no país americano, o que facilita a sobrevivência da praga na entressafra do algodão, a elevada capacidade de sobrevivência e reprodução do inseto, a dificuldade de controle e a oferta de alimento que o bicudo encontra na entressafra, são alguns dos vários entraves que dificultam o controle e a erradicação do bicudo no Brasil. Ao final da safra quando se realiza a colheita do algodão, se a eliminação dos restos culturais não for bem feita, o bicudo encontra nas rebrotas a oportunidade de se alimentar e reproduzir, formando indivíduos que serão responsáveis pelos ataques inicias da próxima safra quando a lavoura de algodão entrar na fase de florescimento. Além disso, plantas de algodão nas beiras das estradas, tigueras em cultivos de soja durante a entressafra e a vegetação nativa próxima da área de produção também ajudam na permanência do inseto no campo (BÉLOT; BARROS; MIRANDA, 2016).

2.5 Biologia e ecologia do bicudo

Grandes prejuízos econômicos na cotonicultura têm sido causados pelo ataque do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*), responsável pela diminuição da produção e qualidade das fibras. Esta praga possui grande capacidade de sobrevivência, reprodução e disseminação. Além disso, possui ciclo biológico curto e apresenta o fenômeno de diapausa (PAPA; CELOTO, 2015; SILVA, 2012). Esses aspectos fisiológicos e comportamentais explicam a grande preocupação dos produtores em relação a seu controle.

2.5.1 Taxonomia e morfologia

O bicudo pertence a ordem Coleoptera da família Curculionidae e mede de 4 a 9mm de comprimento e 7mm de envergadura (ALMEIDA; SILVA, 1998). Sua coloração varia do pardo acinzentado ao negro, possui pelos dourados esparsos sobre os dois élitros em que se observa estrias ou sulcos longitudinais (GRAVENA, 2001; BUSOLI; MICHELOTTO, 2005; TOMQUELSKI; MARTINS, 2008) como mostra a figura 1. O seu tamanho pode variar em função da disponibilidade de alimentos, como botões e maçãs, e a cor do tegumento muda de acordo com a idade, em insetos com idade mais avançada predomina-se a cor acinzentada (ARAÚJO; BASTOS; TORRES, 2014). Possui um bico alongado, denominado de rostro, que mede aproximadamente metade do resto do seu corpo, devido a essa característica é denominado de bicudo. Na extremidade apical do rostro encontra-se as peças bucais e no seu centro as antenas, uma característica típica de insetos da família Curculionidae. Uma peculiaridade que distingue o bicudo de outros curculionídeos e ajuda na sua identificação, é a presença de um par de espinhos em cada fêmur das pernas dianteiras (SILVA; BEZERRA; SILVA, 2008).

Figura 1 - Adulto do bicudo do algodoeiro

Foto: Juliana Stracieri

2.5.2 Ciclo de vida e reprodução

O bicudo possui reprodução sexuada e holometabólico, ou seja, com metamorfose completa. Seu ciclo de vida consiste em quatro estágios de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são brilhantes e medem aproximadamente 0,8mm de comprimento e 0,5mm de largura. Cada fêmea coloca em torno de 6 ovos por dia, o que pode resultar em um total de 100 a 300 ovos durante seu ciclo de vida, podendo ocorrer até 7 gerações por safra de algodão (GABRIEL, 2016; BASTOS et al., 2005).

As fêmeas geralmente depositam um ovo por orifício no interior de botões florais e maçãs da planta de algodão, após a oviposição fecham a abertura do orifício com uma substância gelatinosa translúcida, para proteger os ovos de predadores e da desidratação, a presença dessa substância permite diferenciarmos os orifícios abertos para postura daqueles para alimentação (GOMES et al., 2016; RAMALHO; MALAQUIAS, 2015; TOMQUELSKI; MARTINS, 2008).

Após 2 a 4 dias da postura, ocorre a eclosão das larvas que são brancas com a cabeça de cor pardo-clara, não possuem pernas e são encurvadas em formato de "C" como mostra a Figura 2. Quando se desenvolvem e chegam ao terceiro instar apresentam de 5 a 7mm de comprimento. É possível diferenciar a larva do bicudo de outras que atacam o

algodoeiro pela ausência de pernas (SANTOS, 2002; TOMQUELSKI; MARTINS, 2008). Durante a fase larval com duração de 7 a 12 dias, a larva se alimenta do interior da estrutura do algodoeiro e constrói uma câmara com essa estrutura atacada, onde se transforma em pupa.

Figura 2 Larva de bicudo no interior de maçã do algodoeiro

Foto: Juliana Stracieri

De acordo com Gravena (2001), ao consumir o interior do botão floral, ocorre a queda da estrutura ao chão em aproximadamente uma semana, por isso a transição de larva para pupa ocorre no interior dos botões caídos ao chão. Segundo Degrande (2004), o ambiente mais úmido preserva melhor as estruturas florais favorecendo assim a sobrevivência das larvas e pupas nos botões caídos. Além disso, altas temperaturas do solo e baixa umidade podem provocar a dessecação e morte de larvas, pupas e adultos recém emergidos ainda dentro do botão floral caído ao solo (RAMALHO; GONZAGA; SILVA, 1993).

As pupas são brancas e nelas já é possível observar algumas estruturas do inseto adulto sendo formadas, como os olhos e o rostro (BASTOS et al., 2005; SANTOS, 2002; TOMQUELSKI; MARTINS, 2008). A fase de pupa tem duração de 3 a 4 dias, quando então se transforma no inseto adulto (RAMALHO; WANDERLEY, 1996).

De acordo com Santos (2015), o adulto recém formado pode se manter de 1 a 3 dias em repouso dentro das estruturas antes de emergir. Os adultos possuem uma longevidade

em torno de 20 a 40 dias, e a duração do ciclo de vida completo de ovo a adulto fica em torno de 11 a 67 dias (BASTOS et al., 2005). No Brasil, devido as condições de temperatura, a praga consegue completar o ciclo de 14 a 22 dias (ARAÚJO; BASTOS; TORRES, 2014). O inseto adulto caminha sobre as estruturas vegetais do algodoeiro, onde se alimenta e realiza posturas nos botões florais, flores e maçãs novas. Quando o cultivo de algodão está na fase vegetativa e ainda não há estruturas reprodutivas, o bicudo pode se alimentar dos ponteiros das plantas e pecíolo das folhas (AZAMBUJA; DEGRANDE, 2015).

O botão floral é a estrutura preferida do bicudo, mas o inseto também utiliza as flores e maçãs. Através das mandíbulas a praga perfura essas estruturas reprodutivas para se alimentar e colocar seus ovos. Geralmente as perfurações feitas para alimentação são mais largas e profundas do que os orifícios feitos para oviposição. A praga prefere se alimentar de maçãs mais novas porque a superfície ainda é tenra, e geralmente os adultos que se desenvolvem nas maçãs são maiores que os desenvolvidos nos botões florais (BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983). Avaliando maçãs de algodoeiro com diferentes idades, com e sem chance de escolha pelo bicudo, Busoli et al. (2004) observaram que os insetos preferem se alimentar de maçãs com 2 dias de idade, dessa forma os danos diminuem à medida que se aumenta a idade das mesmas.

Uma indicação de que o bicudo está presente na lavoura de algodão é o desprendimento das brácteas dos botões florais que após 5 a 10 dias da oviposição do inseto, caem ao chão. O inseto é encontrado geralmente nos botões florais se alimentando e se reproduzindo entre as 9 horas da manhã e as 17 horas da tarde, fato este que coincide com as horas mais quentes do dia (BASTOS et al., 2005; BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983).

2.5.3 Diapausa

A diapausa é um mecanismo de sobrevivência utilizado pelo bicudo na entressafra do algodão, caracterizado como um estado fisiológico em que o inseto sofre uma paralisação do sistema reprodutivo e acumulação de lipídeos no corpo (BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983). De acordo com Santos (2015), a diapausa é induzida em condições de fotoperíodos curtos de 11 horas e noites com temperaturas próximas a 10°C e que esse fenômeno é uma estratégia de sobrevivência utilizada pela praga em locais mais frios durante o inverno. Segundo Gravena (2001) em condições tropicais como ocorre no Brasil, a praga não paralisa suas atividades de forma integral, passando apenas a um estado de quiescência ao invés da diapausa. Não há evidências cientificas suficientes que comprovem que o bicudo consegue se reproduzir em outras espécies de plantas presentes no Brasil, que não seja o algodoeiro, mas o inseto consegue se alimentar de outras plantas (MIRANDA; RODRIGUES, 2016). Ribeiro et al. (2010), realizaram um experimento nas condições ambientais do cerrado em Brasília para avaliar os hábitos e fontes alimentares do bicudo

na fase adulta em áreas com algodoeiro, vegetação nativa de cerrado e mata de galeria; os autores constataram que os insetos se alimentaram de pólen de plantas de 19 famílias diferentes ao longo do ano, indicando que o bicudo pode não entrar em dormência total no inverno, saindo dos abrigos para se alimentarem, dessa forma a temperatura amena do inverno nas condições ambientais do cerrado com temperatura diurna e noturna variando de 13°C a 23°C e ausência de plantas de algodão, não limitaria a sobrevivência do bicudo, ele não consegue colocar ovos para completar o seu ciclo mas consegue sobreviver até a próxima safra de algodão.

2.6 Danos na cultura do algodão

O período de 40 a 90 dias após a emergência do algodão compreende a fase mais crítica da presença do bicudo no cultivo. O ataque da praga se inicia pelas bordas da lavoura, se alimentando de estruturas vegetativas da planta até que comece a surgir os botões florais (SANTOS, 2015). Os insetos chegam ao cultivo de algodão migrando das matas, vegetação nativa, beira de rios, de tigueras de algodão, rebrotas de algodoeiro que não foram corretamente destruídas ou plantas de algodão de beira de estrada (BARROS; CASORIOL NETTO, 2015).

Os adultos preferem se alimentar e ovipositar nos botões florais, mas também podem atacar flores e maçãs do algodoeiro. Os botões atacados ficam com as brácteas abertas, amareladas e caem após 5 a 10 dias depois da oviposição. As flores atacadas não conseguem abrir suas pétalas normalmente, ficando com aspecto de balão e por isso são comumente chamadas de "flor em balão", além disso as pétalas também são perfuradas. As maçãs ovipositadas também tem sua abertura prejudicada devido aos danos provocados pela alimentação das larvas do bicudo em seu interior, destruindo fibras e sementes formando capulhos deformados que são chamados de "carimã". Uma lavoura de algodão danificada por bicudo, aumenta a produção de estruturas vegetativas, mas com baixa produção de estruturas reprodutivas (GALLO et al., 2002; MIRANDA, 2006).

Os orifícios abertos pelo inseto para alimentação são de aproximadamente 1mm de diâmetro e geralmente é circulado por uma cor amarelada formado por grãos de pólen que o inseto utiliza para se alimentar enquanto as aberturas feitas para oviposição são cobertos por uma cera depositada pela fêmea para proteger seus ovos (BUSOLI; MICHELOTTO, 2005).

2.7 Plantas hospedeiras do bicudo no Brasil

As hospedeiras preferidas do inseto são as plantas da tribo Gossypieae da família Malvaceae. Os gêneros dessa tribo de importância para o bicudo, são: *Gossypium, Cienfuegosia, Thespesia e Hampea* (LUKEFAHR; BARBOSA; BRAGA SOBRINHO, 1986). O bicudo tem grande preferência por espécies do gênero Gossypium, no Brasil além do algodoeiro cultivado *Gossypium hirsutum,* há também *Gossypium barbadense* e *Gossypium*

mustelinum, porém são encontradas em baixa densidade populacional e, portanto, não são capazes de manter uma população de insetos suficiente que possa causar risco a cotonicultura brasileira (SUJII; PIRES, 2015).

Gabriel (2002) avaliou as espécies cultivadas *Gossypium hirsutum*, *Hibiscus tiliaceus*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Hibiscus schizopetalus*, *Hibiscus sabdariffa*, *Abelmoschus esculentus*, *Hibiscus syriacus*, *Malvaviscus arboreus* e *Thespesia populnea* como potenciais hospedeiras reprodutivas para o bicudo e relatou que com exceção de *G. hirsutum*, nenhuma das espécies foi aceita pela fêmea pelo método de oviposição natural, sugerindo então que elas não são hospedeiras reprodutivas do inseto.

Apesar de não serem hospedeiras reprodutivas, algumas espécies servem como fonte de alimentação para o bicudo e podem ser utilizadas no seu manejo através do “cultivo armadilha” (SUJII; PIRES, 2015). O cultivo armadilha consiste em plantar variedades suscetíveis a praga ao redor da lavoura ou no interior da área cultivada, com o objetivo de atrair os insetos para essas plantas e realizar um controle localizado da praga sobre essa área infestada (MOURA, 2015). Mata et al. (2011) realizaram um trabalho para avaliar o potencial do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) para ser utilizado em cultivo armadilha para bicudo e constataram que o quiabeiro foi mais atrativo em sua fase reprodutiva do que o algodoeiro na fase vegetativa, dessa forma, as plantas de quiabo podem ser usadas durante sua fase reprodutiva para atração do inseto quando o algodoeiro estiver na fase vegetativa (PIMENTA et al., 2016). Além do quiabo, a planta de hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis*) também pode ser utilizado para atração do bicudo em sua fase reprodutiva sendo mais atrativo do que o algodão na fase vegetativa (PIMENTA et al., 2016).

2.8 Controle da praga

Conhecido os enormes prejuízos causados pelo bicudo a cotonicultura, é de extrema importância que os produtores façam um bom planejamento das medidas que possam diminuir os danos causados pela praga. A partir disso, surge como importante ferramenta o manejo integrado de pragas (MIP), em que os métodos utilizados para controle sejam escolhidos com base em princípios ecológicos, econômicos e sociais. O conceito de MIP pode ser definido como:

> is a decision support system for the selection and use of pest control tactics, singly or harmoniously coordinated into a management strategy, based on cost/beneft analyses that take into account the interests of and impacts on producers, society, and the environment (KOGAN, 1998, p. 249).

De acordo com Gallo et al. (2002) o monitoramento, determinação do nível de dano econômico e nível de controle são etapas importantes de um programa de MIP. Através do MIP, pode-se alcançar maior sustentabilidade na produção de algodão e a diminuição dos custos com o controle de pragas. Como táticas utilizadas dentro de um programa de manejo integrado de pragas, pode-se citar o controle biológico, controle comportamental,

controle cultural, controle genético (resistência de plantas) e o controle químico (MIRANDA, 2006).

2.8.1 Monitoramento e nível de controle

O monitoramento da população do inseto em campo é fundamental para a tomada de decisão do momento correto de controlar ou não a praga. A tomada de decisão é baseada no nível de controle (NC), que consiste na densidade populacional do inseto em que se deve iniciar as medidas de controle para que a praga não atinja o nível de dano econômico, causando prejuízos a produção (GALLO et al., 2002). O monitoramento do bicudo pode ser feito por amostragens visuais durante todo o período do cultivo do algodão e por meio da coleta dos insetos através de armadilhas na entressafra (MIRANDA; MORAIS, 2018).

Na amostragem visual os técnicos escolhem de forma aleatória, botões de tamanhos médios na metade superior da planta e observam se ocorre a presença do bicudo ou orifícios de oviposição e alimentação do inseto (MIRANDA, 2006). Segundo Santos (2002), é mais comum encontrar orifícios de alimentação do que de oviposição e que a amostragem nas bordaduras deve ser feita de forma separada da amostragem da área de cultivo, pois a praga chega na lavoura através das suas bordas. De acordo com Gabriel (2016), as amostragens visuais devem ser realizadas de 40 a 100 dias após a emergência, inspecionando 1 botão floral por planta e 50 botões/10 ha, e o controle deve ser adotado quando houver 10% de botões atacados até 80 dias ou 15% de botões atacados a partir de 80 dias. Já Miranda et al. (2013), afirmam que com 5% de botões florais com sinais de postura e alimentação ou com presença do inseto já se deve efetuar o controle. Degrande (2002) recomenda que na amostragem deve-se selecionar no mínimo 250 botões florais por talhão, dando preferência as plantas dominantes (maiores), o autor afirma que a adoção de 5% dos botões com sinais de ataque do inseto ou a presença dele, já são suficientes para se iniciar o controle. Santos (2015) também indica que o monitoramento seja feito semanalmente em 250 botões florais por talhão, analisando-se 1 botão floral por planta, escolhendo os botões de aproximadamente 0,6cm de diâmetro. O autor também recomenda a adoção de nível de controle de 5% de botões atacados pelo curculionídeo.

Outra forma de levantamento populacional da praga é a utilização de armadilhas contendo o feromônio grandlure, feromônio sexual dos machos do bicudo que são sintetizados industrialmente e vendidos por empresas para serem utilizados nas armadilhas para capturar insetos adultos (SANTOS, 2015).

Após a colheita do algodão, o bicudo procura abrigo e alimentação em áreas de refúgio, até que haja uma nova safra com estruturas reprodutivas disponíveis, daí os insetos que sobreviveram na entressafra voltam para o cultivo para completar o seu desenvolvimento. O uso de armadilhas na entressafra é importante para que o produtor consiga identificar a densidade populacional dos insetos que sobreviveram após a colheita e retirada dos restos

culturais do algodão, e que serão responsáveis por permitir o crescimento populacional da praga na próxima safra (RODRIGUES; MIRANDA, 2015). Os feromônios são ferramentas eficientes na monitoração da população da praga em campo, pois são específicos, ou seja, atraem os indivíduos da mesma espécie, permitindo a detecção da praga no início de sua migração na lavoura, auxiliando na rápida tomada de decisão (RODRIGUES; MIRANDA, 2007).

A armadilha mais comumente utilizada nas propriedades é feita de uma base plástica verde de formato cônico, o topo é achatado com um funil acoplado e telado com um receptáculo transparente na parte superior, onde é possível visualizar os bicudos capturados (Figura 3); no receptáculo contém a pastilha com o feromônio para atrair os insetos (DEGRANDE; SANTOS; SILVA, 2004).

Figura 3 - Armadilha para monitoramento do bicudo

Foto: Ayala de Jesus Tomazelli

Segundo Santos (2015), as armadilhas devem ser instaladas 50 dias antes da semeadura do algodão no perímetro dos talhões, distanciados com intervalos de 200m uma das outras por um período de nove semanas, com isso pode-se determinar o índice BAS (Bicudos/armadilha/semana) e a quantidade de bicudos encontrados nas armadilhas serão utilizados como referência para que o produtor consiga determinar o momento correto de iniciar o controle e quantidade de aplicações a serem feitas. De acordo com

o autor, dependendo do número de insetos encontrados nas armadilhas, são definidas as quantidades de aplicações químicas a serem feitas no momento do aparecimento dos primeiros botões florais. As armadilhas devem ficar em campo por pelo menos nove semanas, mas podem ficar instaladas até o aparecimento da primeira flor aberta, com isso o produtor consegue identificar de forma prévia a presença do inseto, o que lhe permite realizar um bom planejamento para diminuir a incidência do bicudo na safra (DEGRANDE, 2006). Miranda et al. (2013), relatam que em Goiás as armadilhas são instaladas 60 dias antes do plantio com uma distância de 130 a 200 metros entre as mesmas e distante cinco metros da área de cultivo; é colocada uma armadilha a cada 5 hectares ao longo do perímetro e o monitoramento deve ser feito semanalmente por um período de nove semanas. A reposição do feromônio nas armadilhas devem ser feitas a cada 14 dias (MIRANDA et al., 2013; MIRANDA; MORAIS, 2018).

De acordo com Neves (2013) o método de monitoramento através de armadilhas facilita o trabalho em campo, já que os insetos são atraídos e capturados, sendo menos trabalhoso que a inspeção visual. Porém as armadilhas perdem sua eficiência quando surgem os primeiros botões florais e maçãs novas do algodão, pois essas estruturas emitem substâncias voláteis mais atrativas ao bicudo do que o feromônio sintético, por isso as armadilhas devem ser usadas na entressafra e no e período anterior ao surgimento dessas estruturas reprodutivas (MIRANDA, 2006; RODRIGUES; MIRANDA, 2007).

2.8.2 Controle comportamental

O controle comportamental é baseado na fisiologia dos insetos, sendo vantajoso por não oferecer risco de intoxicação ao homem e aos animais, além disso não deixa resíduos tóxicos, evitando desequilíbrios ambientais (GALLO et al., 2002). A utilização de feromônios é uma excelente ferramenta para o controle de pragas através do comportamento dos insetos, o feromônio grandlure foi descoberto na década de 60 quando cientistas observaram que, machos do bicudo liberavam o feromônio nas fezes após se alimentarem de botões florais e maçãs pequenas do algodoeiro (RODRIGUES; MIRANDA, 2007). Quando a substância é emitida pelo inseto, atrai outros indivíduos machos e fêmeas para a lavoura. Além de ser um feromônio de agregação, ele também ocasiona atração sexual em fêmeas (DEGRANDE; SANTOS; SILVA, 2004).

Além de ser utilizado para monitoramento, o feromônio sintetizado industrialmente também pode ser utilizado para controle do bicudo através do “tubo mata-bicudo” (TMB), com a finalidade de reduzir o resto da população da praga que não foi destruída no final da safra e que começa a migrar para áreas de refúgio (BÉLOT; BARROS; MIRANDA, 2016). O TMB é um dispositivo do tipo atrai-e-mata, constituído de um tubo com cor verde-limão de papelão biodegradável com 90 cm de comprimento e 2,5cm de diâmetro (RODRIGUES; MIRANDA, 2007), impregnado com um estimulante de alimentação, inseticida e feromônio,

essa combinação atrai os insetos do bicudo que morrem ao entrarem em contato com o tubo (PLATO et al., 2001). Segundo Miranda e Morais (2018) o tubo também pode ser de coloração amarelada, impregnado com o inseticida malathion, óleo de algodão como atrativo alimentar e utiliza-se o feromônio mais concentrado quando comparado com os das armadilhas, por isso os tubos podem ficar no campo por um tempo maior, cerca de 55 a 60 dias. O autor recomenda que o dispositivo seja instalado em campo após a destruição dos restos culturais e permaneça na área por 2 meses; depois de retirado, pode ser utilizado novamente no início da próxima safra, sendo instalado 30 dias antes da semeadura. Os tubos podem ser instalados em todo perímetro da lavoura ou apenas nos perímetros que se situam próximos as áreas de refúgio escolhendo as faixas onde há maior números de bicudos capturados, a distância entre os dispositivos deve ser de no mínimo 150 metros (BÉLOT; BARROS; MIRANDA, 2016; RODRIGUES; MIRANDA, 2015).

Segundo Neves (2013), o TMB pode ser utilizado tanto no início da lavoura para monitorar a população da praga que vai colonizar a área, como também pode ser usado no final da safra após a destruição dos restos culturais, para reduzir a população do inseto que conseguiu sobreviver e que migrará para as áreas de refúgio, dessa forma, atuando no controle do inseto. Importante destacar que o controle comportamental deve ser utilizado de forma conjunta com outros métodos de controle do MIP para que haja sucesso na redução populacional da praga (RODRIGUES; MIRANDA, 2007).

2.8.3 Controle cultural

O controle cultural é caracterizado pela adoção de práticas agronômicas baseadas na ecologia e biologia da praga, que alteram o ambiente de forma que se torne desfavorável ao desenvolvimento do inseto (GALLO et al., 2002; TORRES et al., 2015). O controle cultural começou a ser utilizado desde o surgimento da praga no Estados Unidos, quando não havia o controle químico (BASTOS et al., 2005), é considerado de baixo custo quando comparado ao uso de inseticidas, porém o controle cultural deve ser utilizado em conjunto com outros métodos para que se tenha bons resultados (SANTOS, 2010).

2.8.3.1 Plantio em período definido e concentrado

A data de semeadura e colheita do algodão é regulamentada pelo órgão estadual de defesa sanitária vegetal de cada estado, portanto, cada região tem um calendário específico determinado de acordo com o zoneamento agrícola (MIRANDA et al., 2013).

Desuniformidade na época de colheita e na data de plantio entre diferentes propriedades de uma determinada região, favorece o aumento populacional da praga, facilitando a busca por alimentos e sítios de reprodução. A uniformização da data de plantio é uma das práticas culturais utilizadas para o bicudo, concentrando o plantio em uma única data, evita o trânsito do inseto entre lavouras próximas de algodão em diferentes fases

fenológicas, facilitando o controle da praga (BASTOS et al., 2005; TORRES et al., 2015). Gabriel (2016) recomenda que os produtores devem obedecer a época recomendada de semeadura estabelecida para cada região produtora. O plantio na época adequada vai resultar em maior uniformidade na idade das plantas, facilitando o controle do bicudo, pois irá proporcionar um período de quebra de sincronia entre a disponibilidade de estruturas reprodutivas e a ocorrência da praga no campo, diminuindo a sua densidade populacional (ALMEIDA; SOARES; ALBUQUERQUE, 2019). Degrande (2004) esclarece que plantios tardios possibilitam maior quantidade de gerações do bicudo e a sua dispersão para outras áreas produtoras próximas, o que resultará em maior quantidade de esforços para o controle, maior número de aplicações e maior custo de produção e elevação dos prejuízos ambientais.

2.8.3.2 Destruição dos restos culturais após a colheita

Por apresentar hábito perene, pode ocorrer rebrota do algodoeiro no campo após a colheita, disponibilizando estruturas reprodutivas para o bicudo se alimentar e se reproduzir (LEMON; STICHLER; NORMAN JR, 2003). A destruição completa dos restos culturais do algodão (soqueiras) no final da colheita é outra prática importante quando se trata de controle cultural. O surgimento de soqueiras e tigueras de algodão favorecem a manutenção do bicudo na entressafra (BÉLOT; BARROS; MIRANDA, 2016), por isso a destruição da soqueira é prática obrigatória por lei em vários Estados produtores, assim como o vazio sanitário (SILVA, 2006; TORRES et al., 2015). Caso a atividade não seja realizada de forma adequada, algumas estruturas reprodutivas da planta podem permanecer em campo e serem utilizadas pelo bicudo na entressafra, que posteriormente pode migrar para as áreas de refúgio, contribuindo com a sobrevivência do inseto para a próxima safra (RIBEIRO et al., 2015).

A destruição dos restos culturais pode ser feita através de métodos culturais, mecânico, químico, ou a combinação entre esses métodos (SOFIATTI et al., 2015). Independentemente do método a ser utilizado, seja ele o mecânico ou químico, é necessário primeiro cortar e estraçalhar a parte aérea das plantas através de um equipamento específico como o triturador triton ou com a roçadeira (SILVA, 2017).

No método mecânico, pode-se utilizar de equipamentos com órgãos com capacidade de destruir ou cortar as plantas. Após a roçada o produtor pode utilizar a grade aradora que através dos seus discos, incorpora os restos de vegetação no solo, porém em alguns tipos de solo é necessário passar o equipamento pelo menos três vezes na área e posteriormente usar a grade niveladora o que dificulta e encarece a atividade, além da possibilidade de compactar parte do perfil do solo e deixa o mesmo suscetível a erosão por ficar descoberto, sendo inviável para o sistema de plantio direto. Nesse sistema é mais utilizado o método químico, mas já são produzidos no Brasil equipamentos com função específica para

destruição da soqueira do algodoeiro que provocam menor revolvimento do solo (JUNIOR; SILVA; SOFIATTI, 2015). No Estado do Mato Grosso cerca de 70% da soqueira do algodão é eliminada de forma química devido a praticidade e por não provocar revolvimento do solo (ANDRADE JUNIOR; SOUZA, 2019).

No método químico, pode ser utilizado roçadeira ou o triton para cortar as plantas, da mesma forma que é necessário realizar no método mecânico, e após isso fazer uso do herbicida, mas o produtor deve ficar atento para o caso de algumas plantas rebrotarem e então fazer uma nova aplicação. O herbicida mais utilizado para essa finalidade no Brasil é o 2,4-D, sendo muito eficiente por possuir ação sistêmica na planta. Pode-se associar o 2,4-D com outros herbicidas para melhor eficiência, dificultando o surgimento de rebrotas. O mais indicado para essa associação é o glifosato, porém, para variedades transgênicas de algodão o uso do glifosato torna-se inviável, nesse caso os produtores geralmente optam por utilizar o 2,4-D com os herbicidas Radiant® (fumicloraque) e Aurora® (carfentrazone) (JUNIOR; SILVA; SOFIATTI, 2015).

2.8.3.3 Manejo de tiguera

Após o fim da colheita do algodão, os produtores podem optar por produzir uma cultura subsequente na área, como a soja. Nessas lavouras é comum surgir plantas de algodão, o que é denominado como "tiguera", oriundas de grãos que caíram ao solo após a colheita e germinaram, essas plantas podem ser utilizadas pelo bicudo para alimentação, abrigo e oviposição, fato este indesejável pelos cotonicultores devido ao período de vazio sanitário (JUNIOR; SILVA; SOFIATTI, 2015; SILVA, 2017).

O controle químico do algodão tiguera deve ser realizado antes que a planta atinja o risco fitossanitário, neste caso, o estádio V3, a partir disso, os produtos específicos para esse controle se tornarão menos eficientes. Um dos grandes problemas no manejo da tiguera de algodão é a possibilidade de estas germinarem em momentos diferentes, pois haverá plantas em estádios mais avançados, reduzindo a eficiência do controle. O herbicida glifosato pode ser utilizado para eliminação das plantas voluntárias de algodão convencional em plantios de soja RR, porém nos casos em que os produtores cultivam soja e algodão, ambos resistentes ao herbicida glifosato, torna-se uma tarefa mais difícil e deve-se optar por outros herbicidas ou utilizar um herbicida pré-emergente seletivo à soja (JUNIOR; SILVA; SOFIATTI, 2015; SILVA, 2017; SANTOS, 2015).

2.8.3.4 Precocidade da cultivar e densidade de plantio

Utilizar variedades precoces é uma alternativa que pode ser utilizada pelos cotonicultores no manejo do bicudo, pois as plantas frutificarão de forma mais rápida, antes que a praga possa atingir o nível de dano (BUSOLI; MICHELOTTO, 2005).

Cultivos de algodão mais adensados favorecem a precocidade da planta, fazendo

com que a frutificação ocorra mais rápido (TORRES et al., 2015), mas produzem menores quantidades de capulhos por planta, porém isso pode ser recompensado com a maior produção de capulhos por área, devido a menor probabilidade de ocorrência de alta população do bicudo (CARVALHO; CHIAVEGATO, 2006). Em contrapartida, a redução do espaçamento pode favorecer um microclima para ocorrência de doenças e proporcionar abrigo para as pragas nas estruturas reprodutivas caídas ao solo, além disso também pode dificultar a cobertura das plantas no controle químico através da pulverização (TORRES et al., 2015). Portanto, são necessárias mais pesquisas sobre o super adensamento do cultivo para favorecer precocidade das plantas, a fim de verificar, se o microclima criado no dossel pode favorecer o aumento de determinadas pragas e doenças (SILVA et al., 2009).

2.8.3.5 Cultura isca

Consiste em plantar faixas de algodão nas bordaduras antes do plantio da lavoura comercial para que os bicudos sejam atraídos e realiza-se uma pulverização localizada nessas faixas antes que a praga se disperse para a lavoura principal, essa técnica dentro do contexto do MIP pode reduzir a população a ser controlada (TORRES et al., 2015). Preferencialmente, as faixas devem ser plantadas próximo as áreas de refúgio, 20 a 30 dias antes da semeadura da lavoura principal. As aplicações devem ser feitas de cada 3 a 5 dias quando surgir a praga ou no surgimento dos primeiros botões florais (BASTOS et al., 2005).

2.8.3. 6 Soqueira-isca

Consiste em deixar pequenas faixas de restos culturais ao final da safra, para atrair os adultos do bicudo que começam a migrar para as áreas de refúgio, a partir disso realiza-se pulverizações com inseticidas nessas faixas, reduzindo a população de bicudos que migram para o refúgio (BASTOS et al., 2005). Essa tática deve ser feita de forma muito criteriosa com intenso acompanhamento e deve ser realizada dentro do período permitido de cultivo, respeitando o vazio sanitário (MIRANDA; RODRIGUES, 2016).

2.8.3. 7 Catação e destruição de estruturas reprodutivas

Consiste em coletar e destruir botões florais e maçãs caídos ao solo que foram atacados pelo bicudo, esses botões podem abrigar larvas e pupas do inseto e por isso devem ser destruídos, essa prática é viável apenas em pequenas áreas devido a intensa necessidade de mão de obra (BASTOS et al., 2005). Gabriel (2016) recomenda que em áreas maiores os produtores realizem a catação das estruturas caídas em faixas de plantio-isca e bordaduras da lavoura.

2.8.3. 8 Rotação de culturas

Segundo Gallo et al. (2002), a rotação de culturas consiste em alternar diferentes

culturas em determinada área ao longo do tempo, de forma que as espécies escolhidas não sejam hospedeiras das mesmas pragas visando a redução da população desses insetos. É uma prática que pode ser utilizada no manejo do bicudo, escolhendo-se uma espécie que não seja hospedeira do inseto para rotacionar com o cultivo de algodão, pois irá quebrar o ciclo do curculionídeo dificultando sua sobrevivência (BASTOS et al, 2005; PRAÇA, 2007).

2.8.4 Controle legislativo

O vazio sanitário se refere a um período sem plantas de algodão no campo, além da eliminação dos restos culturas, também devem ser eliminadas tigueras e plantas espontâneas em beiras de estradas, sendo que esse período deve se encaixar dentro do prazo determinado para destruição da soqueira e o início da germinação da próxima safra (MIRANDA et al., 2013). O vazio sanitário deve ser de no mínimo 60 dias e tem como finalidade interromper o ciclo do bicudo como parte das práticas envolvidas na diminuição populacional da praga (BÉLOT; BARROS; MIRANDA, 2016).

A medida de vazio sanitário é regida por lei, cada estado produtor determina as datas para realização da prática. No Estado do Mato Grosso o vazio sanitário tem início em 1 de outubro e finaliza em 30 de novembro para a região I, enquanto para a região II se inicia em 15 de outubro e termina em 14 de dezembro (MATO GROSSO, 2016). No estado da Bahia o vazio sanitário inicia-se 20 de setembro e termina em 20 de novembro para a região I, enquanto na região II se inicia em 1 de setembro e finaliza em 30 de outubro (BAHIA, 2018).

Os cuidados no transporte de fardões, rolinhos, caroço de algodão, são importantes para evitar perda de produto no trajeto para não espalhar sementes que podem produzir plantas espontâneas em beiras de rodovias e estradas vicinais, o que pode prejudicar o vazio sanitário, por isso toda a carga a ser transportada deve ser acondicionada de forma segura (ANDRADE JUNIOR; SOUZA, 2016). Entre as táticas que podem ser utilizadas está a utilização de lonas e saias laterais nos caminhões evitando que estruturas caiam do veículo e envelopamento das cargas de caroço de algodão (BELOT; BARROS; MIRANDA, 2016).

2.8.5 Controle genético

A utilização de variedades resistentes traz muitas vantagens ao agricultor pois atua na diminuição da população da praga na área sem gastos adicionais ao produtor, diminuindo os danos ao meio ambiente, além de ser compatível com os outros métodos de controle do MIP (GALLO et al., 2002).

A procura por plantas resistentes ao bicudo foi pesquisada por certo tempo após a chegada da praga no Estados Unidos, porém foi um pouco esquecida com a descoberta de inseticidas eficientes para o controle (BASTOS et al., 2005). Existem algumas características

morfológicas que conferem mecanismos de resistência ao bicudo, como folhas avermelhadas, bráctea “frego”, folha “okra”, androceu reduzido e pubescência acentuada, mas não há cultivares comerciais que unam esses aspectos com as características agronômicas ideais para uma variedade comercial, portanto ainda não existe algodão resistente ao bicudo, mas existem alguns estudos na área de transgenia para o desenvolvimento de algodão transgênico para controle da praga no futuro (SANTOS, 2015). Segundo Belot, Barros e Miranda (2016) foram realizados alguns trabalhos pela Embrapa para identificar os efeitos de inibidores de protease, e enzima colesterol oxidase em larvas de bicudo, além de várias toxinas de *Bacillus thuringiensis*, porém até o momento não se identificou eficiência nesses eventos para serem utilizados em variedades comerciais de algodão para combater o bicudo.

2.8.6 Controle biológico

O controle biológico consiste na utilização de inimigos naturais como insetos predadores e parasitoides e microrganismos entomopatogenicos no controle de pragas agrícolas (GALLO et al., 2002), porém esse método ainda é pouco utilizado no Brasil para o bicudo, sendo o controle feito principalmente com inseticidas sintéticos gerando gastos na ordem de bilhões de dólares ao ano, além disso a aplicação desses químicos impede a sobrevivência de predadores e parasitoides que auxiliam na mortalidade de outras pragas do algodoeiro como *Alabama argillacea*, o curuquerê do algodão (RAMALHO et al., 2000).

Devido ao hábito das larvas e pupas do bicudo se desenvolverem dentro dos botões e maçãs, o controle biológico torna-se difícil e de pouca eficiência pois dificilmente os inimigos naturais conseguem alcançar o alvo dentro dessas estruturas (GABRIEL, 2016; GRAVENA, 2001). Em pesquisa realizada no Brasil, Ramalho e Wanderley (1996), relataram 13 espécies de parasitoides e 10 espécies de predadores de *A. grandis*, sendo os parasitóides *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) os insetos de maior potencial na redução da população da praga, parasitando as formas imaturas do bicudo, as larvas e pupas dentro dos botões florais (RAMALHO; MALAQUIAS, 2015; RAMALHO; GONZAGA; SILVA, 1993). Essas espécies parasitam o hospedeiro em momentos diferentes, *C. grandis* parasita larvas do bicudo que estão em botões florais caídos ao solo e preferem larvas de terceiro instar, enquanto *B. vulgaris* parasita as larvas com as maçãs ainda aderidas a planta (RAMALHO; WANDERLEY, 1996). Quanto aos predadores, se destaca a formiga *Solenopsis invicta,* predadora de larvas do bicudo (RAMALHO; MALAQUIAS, 2015).

2.8.6.1 Parasitoides

O ectoparasitoide *C. grandis* possui a capacidade de paralisar e/ou parasitar o hospedeiro. Na paralisia, a fêmea injeta toxinas na larva do hospedeiro deixando-o

paralisado sem realizar postura. Já no parasitismo a fêmea coloca o ovipositor no botão floral da planta para localizar a larva, ao encontrá-la injeta toxinas causando uma imobilização e posteriormente realiza a oviposição no hospedeiro, ao decorrer do tempo as larvas eclodem e começam a se alimentar da parte exterior do corpo do hospedeiro ocasionando a morte (RAMALHO; DIAS, 2003; RAMALHO; MALAQUIAS, 2015). Dessa forma, além do ectoparasitismo das larvas, as fêmeas desse parasitoide tem ação parasítica sobre o bicudo (RAMALHO; MALAQUIAS, 2015).

B. vulgaris é um ectoparasitoide que tende a surgir no agroecossistema no momento em que surge maçãs atacadas pelo bicudo. Ao encontrar as maçãs atacadas, o parasitoide introduz o ovipositor dentro da estrutura reprodutiva a procura da larva, ao encontrá-la injeta toxinas no hospedeiro causando sua paralisação, posteriormente realiza postura sobre as larvas e também pode ovipositar nas paredes internas da maçã do algodão, as larvas eclodem e começam a se alimentar da parte externa do corpo da larva, mas sem penetra-la (RAMALHO; MALAQUIAS, 2015).

Braga Sobrinho e Lukefahr (1983) relataram que a população natural de inimigos naturais que ocorre nas áreas de origem do bicudo, dificilmente consegue diminuir de forma expressiva a população da praga a ponto de impedir os danos econômicos. Esse argumento foi reafirmado por Cardoso et al. (2009), que demonstraram em experimento realizado no semiárido da Bahia, que apesar de haver ocorrência natural de *Catolaccus grandis* e *Bracon* sp., na área que foi realizado o estudo, a densidade populacional desses agentes não foi suficiente para manter a praga abaixo do nível de dano econômico. Em contrapartida no controle biológico aplicado foi alcançando parasitismo acima de 80% como mostra o trabalho de Ramalho et al. (2000) na utilização de *C. grandis* como agente de controle do bicudo, em que os parasitoides foram adquiridos através de criação massal em laboratório e liberados em área de algodão no agreste da Paraíba. Por isso, o controle biológico aplicado pode ser uma solução, desde que haja investimentos na criação dos parasitoides para se obter quantidade suficiente que atenda a demanda da cotonicultura brasileira (RAMALHO; MALAQUIAS, 2015). Além disso, o sucesso na utilização de parasitoides também depende da utilização de inseticidas mais seletivos nas lavouras para que esses inimigos naturais sejam preservados no ambiente (BASTOS; TORRES, 2006).

2.8.6.2 Predadores

Entre os predadores do bicudo, as formigas são as que tem apresentado maior potencial (CARDOSO et al., 2009). As formigas lava-pé do gênero *Solenopsis* atacam as larvas do bicudo que se encontram dentro dos botões florais (BASTOS et al., 2005). Pierozzi Junior e Habib (1992) relataram formigas desse gênero na região de Campinas em trabalho publicado em 1992 e observaram que os predadores entravam dentro dos botões florais de algodão infestados pelo bicudo e atacavam suas larvas e pupas. Além de *Solenopsis*

sp., foi relatado também predação do bicudo por formigas do gênero *Crematogaster* sp. no estado da Paraíba (RAMALHO; GONZAGA; SILVA, 1993).

As formigas costumam atacar as larvas em botões que estão caídos no solo, realizando um orifício na estrutura, os predadores entram e atacam a larva do bicudo, não é comum as formigas atacarem botões verdes ainda ligados as plantas e maçãs verdes do algodão (BASTOS et al., 2005). Gravena (2001) afirma que o controle biológico utilizando formigas só é possível com grande quantidade de ninhos nas áreas, cerca de 200 por hectare, o que o autor considera muito difícil de ocorrer.

Outros tipos de predadores de ocorrência no Brasil que foram citados na literatura, são as aranhas como *Latrodectus geometricus* (PIEROZZI JR; HABIB, 1992), e a tesourinha *Euborellia annulipes* (RAMALHO; WANDERLEY, 1996; GABRIEL, 2016).

2.8.6.3 Entomopatogenos

O fungo *Beauveria bassiana* foi relatado como promissor no controle do bicudo por Coutinho e Cavalcanti (1988). Sua eficiência foi testada por Giometti et al. (2010) que relatou entre 50 e 85% de mortalidade causada por isolados de *B. bassiana* no controle do curculionídeo em experimento de laboratório. Mas o uso desse fungo no controle da praga tem sido limitado, devido a inconsistências na sua eficiência nas condições de campo (SILVA, 2001).

Outro fungo citado na literatura de importância para o bicudo é o *Metarhizium anisopliae.* Em experimento realizado por Thomazoni et al. (2005) com isolados desse microrganismo, a taxa de mortalidade do bicudo por *M. anisopliae* ficou em torno de 20,0% a 56,7%, mas os autores concluíram que são necessários mais estudos para avaliar a eficiência desse patógeno no controle do bicudo em condições de campo. Em trabalho realizado por Nussenbaum (2014), a autora afirma que os principais fatores que limitam a utilização de fungos patogênicos em campo são as altas temperaturas e a radiação solar, além disso, constatou que isolados de *M. anisopliae* apresentaram certa compatibilidade com inseticidas químicos e que existe a possibilidade de se utilizar o controle biológico desse fungo associado ao controle químico no combate ao bicudo em um programa de MIP para redução das pulverizações nas lavouras.

2.8.7 Controle químico

A utilização do controle químico na cotonicultura em associação com o controle cultural tem sido a principal estratégia contra o bicudo do algodoeiro no Brasil. É importante destacar que adotar apenas o uso de inseticida no manejo da praga é extremamente perigoso pois favorece a resistência dos insetos resultando em seu aumento populacional (MIRANDA; RODRIGUES, 2016). São realizadas grandes quantidades de pulverizações por safra para controlar o bicudo, cerca de 18 a 23, mas ainda sim são registradas grandes

perdas ocasionadas pelo inseto na cotonicultura (MIRANDA; MORAIS, 2018).

A tecnologia de aplicação também pode influenciar no sucesso do controle químico, sendo assim as formulações, doses e técnicas devem ser adequadas para que o alvo seja atingindo (MIRANDA; RODRIGUES, 2015). A única fase que o bicudo fica totalmente exposto ao controle químico é em sua fase adulta e geralmente ficam localizados na parte mediana do dossel das plantas de algodão e se locomove para os botões florais para se alimentar e colocar seus ovos, esse comportamento torna esse inseto de difícil contato com os inseticidas aplicados. As formulações oleosas como UBV e BVO apresentam bons resultados no controle do bicudo, melhorando o rendimento operacional e resultando em maior poder residual do produto nas plantas de algodão (SANTOS, 2015).

A eficiência do controle químico do bicudo teve início com a descoberta do arseniato de cálcio na década de 1920 (BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983). Posteriormente, os produtores do Estados Unidos encontraram sucesso e praticidade no controle da praga através da pulverização desse produto por avião, o que resultou no uso excessivo de inseticidas pelos cotonicultores da época (BASTOS et al., 2005; PAPA; CELOTO, 2015). Porém, apesar da eficiência contra o bicudo, o arseniato de cálcio provocou surto de pragas como *Heliothis virescens* (Lagarta das maçãs) e *Aphis gossypii* (Pulgão do algodoeiro) e a destruição de inimigos naturais nas áreas de algodão (PAPA; CELOTO, 2015). Após a segunda guerra mundial intensificou-se ainda mais o uso de inseticidas organossintéticos (WALKER, 1986); com o desenvolvimento dos organoclorados durante a década de 1940, o arseniato de cálcio foi quase em sua totalidade substituído por esses clorados, e os produtores passaram a utilizar novos produtos que se mostravam eficientes no controle do bicudo, nos quais se pode citar o BHC, Aldrin, Dieldrin, Clordane e heptacloro (PARENCIA, 1986). A eficiência desses inseticidas fez com que em 1950 muitos cotonicultores adotassem calendários de aplicação para realização do controle de pragas e os produtores praticamente abandonaram as táticas culturais, como utilização de cultura-armadilha e destruição dos restos culturais do algodão, práticas já utilizadas antes da adoção do controle químico e que eram de extrema importância para o manejo do bicudo (BASTOS et al., 2005; WALKER, 1986). Aproximadamente 5 anos após a adoção dos organoclorados, foi constatado casos de resistência a inseticidas desse grupo em pragas do algodoeiro como o curuquerê e o pulgão. Em 1955 em Luisiana, surgiu populações de bicudo resistentes aos clorados, como solução para o problema, os produtores passaram a realizar mistura de inseticidas e também passaram a substituir os clorados pelos organofosforados (BASTOS et al., 2005; PAPA; CELOTO, 2015).

Os organofosforados são amplamente utilizados até os dias atuais, pois não houve nenhuma confirmação de casos de resistência do bicudo a inseticidas desse grupo (BASTOS et al., 2005; PAPA; CELOTO, 2015; PARENCIA, 1986).

Foi em meados de 1970 que os cotonicultores da região de cotton belt começaram a adotar a amostragem e nível de controle para tomadas de decisões no controle do bicudo,

disseminando os conceitos do manejo integrado de pragas (BASTOS et al., 2005). Além disso, em 1978 surgiu os inseticidas do grupo dos piretroides que demonstraram bons resultados no controle de várias pragas do algodão (BASTOS et al., 2005).

O bicudo é contaminado pelo inseticida principalmente através da penetração do produto pelos tarsos quando caminha nas plantas para passar de um botão para outro e entra em contato com as gotas pulverizadas, por isso o volume de aplicação tem que ser ideal, se houver diminuição muito significativa do volume, a densidade das gotas sobre as plantas pode não ser suficiente para atingir a praga, essa situação pode ocorrer principalmente nas pulverizações aéreas que é muito utilizado para facilitar a aplicação em extensas áreas (PAPA; CELOTO, 2015).

Os inseticidas mais utilizados no início do ataque do bicudo são os organofosforados e os carbamatos, ao passar de 80 dias da emergência das plantas os piretroides podem ser utilizados (PAPA; CELOTO, 2015). Os piretroides são inseticidas de amplo espectro e podem controlar diversas pragas, porém devido a essa baixa seletividade afetam também a população de inimigos naturais na área, como os ácaros predadores ocasionando surtos populacionais de ácaros-pragas (TOMQUELSKI; SILVEIRA; VILELA, 2013). É importante que o produtor faça uma amostragem eficiente na lavoura para saber quais as pragas que estão atuando e escolher o inseticida mais adequado evitando desequilibro no ecossistema (PAPA; CELOTO, 2015).

Como o bicudo está disseminado por todas as regiões produtoras de algodão no país, o controle químico é indispensável, porém já existe relatos de redução da eficiência dos inseticidas utilizados, principalmente os piretroides (PAPA; CELOTO, 2015).

2.8.7.1 Controle químico nas bordaduras

Quando a nova safra de algodão se inicia, os insetos abrigados nos refúgios começam a migrar para a lavoura atraídos pelas plantas de algodão, por isso é necessário que os produtores realizem pulverizações sistematizadas nas bordaduras da lavoura. Essa prática irá diminuir a densidade populacional de bicudos adultos entrando na área pelas bordaduras, impedindo que consigam ovipositar nos botões florais. Além de eliminar os insetos que não foram detectados pelas armadilhas (BELOT; BARROS; MIRANDA, 2016).

As aplicações localizadas devem ser feitas em faixas de 30 a 50m com intervalo de 5 dias entre as aplicações, ao longo do perímetro da lavoura a partir da fase fenológica V3 (3 folhas verdadeiras) até a fase fenológica C (Primeira maçã firme) (MIRANDA; RODRIGUES, 2016).

2.8.7.2 Controle químico com base na captura de bicudos através de armadilhamento na entressafra

Os resultados coletados através da obtenção do índice BAS são utilizados para as

primeiras aplicações sequenciais da cultura que ocorre na fase B1 em que surge o primeiro botão floral, pois é nesse momento que os bicudos que passaram a entressafra nos refúgios estão se movimentado para chegar nas plantas de algodão (MIRANDA; RODRIGUES, 2016). O grau de infestação da área é baseado na quantidade de bicudos capturados e os talhões podem ser separadas por cores de acordo com o grau de infestação e o número de pulverizações a serem feitas com intervalos a cada 5 dias entre as aplicações (MIRANDA; RODRIGUES, 2016; BASTOS et al., 2005) como mostra a tabela 1.

Índice de bicudo por armadilha por semana (BAS)	Cor do talhão	Decisão
0	Verde	Não pulverizar
> 0 e ≤ 1	Azul	Uma pulverização
≥ 1 e ≤ 2	Amarelo	Duas pulverizações
>2	Vermelho	Três pulverizações

Tabela 1 – Índice de captura de bicudo por armadilha, cor do talhão e decisão a ser tomada

Fonte: Bastos et al. (2005)

2.8.7.3 Controle químico com base no nível de controle (NC)

Após as primeiras aplicações na fase B1, as próximas pulverizações são feitas baseadas no monitoramento visual dos talhões durante todo o resto do ciclo da cultura para a tomada de decisão. A cada monitoramento caso não seja atingindo o NC deve-se efetuar uma nova amostragem a cada 5 dias nas bordas da lavoura e no interior dos talhões (MIRANDA; RODRIGUES, 2016). Caso seja atingindo o NC de 5% de botões florais com sinais de ataque e/ou com presença do inseto realiza-se pulverização em área total (DEGRANDE, 2002; MIRANDA et al., 2013; SANTOS, 2015).

2.8.7.4 Controle químico no surgimento do primeiro capulho ("cut out")

No surgimento do primeiro capulho ("cut out"), em caso de altas infestações, pode-se realizar de três a cinco pulverizações sequenciais de inseticidas com intervalo de 5 dias entre as mesmas, sendo que a última aplicação deve coincidir com a prática da desfolha. O objetivo é reduzir a população remanescente que começam a migrar para as áreas de refúgio (LIMA JÚNIOR, 2010).

2.8.7.5 Controle químico na desfolha

As pulverizações ao final da safra também são de extrema importância para o controle da praga. No momento da desfolha para realização da colheita, pode-se utilizar também um inseticida com o desfolhante para eliminação dos insetos que permanecem nas plantas desfolhadas e no talhão, como os insetos estarão mais fragilizados pela baixa

disponibilidade de suprimentos, consequentemente ficam mais suscetíveis ao controle químico (MIRANDA; RODRIGUES, 2016; SANTOS, 2010). Se o produtor optar por não utilizar o controle químico nesta etapa, os insetos mesmo fragilizados podem conseguir migrar para as áreas de refúgio e comprometer a próxima safra (MIRANDA; RODRIGUES, 2016).

2.8.7.6 Produtos registrados para o controle químico no Brasil

Atualmente no Brasil, são registrados 124 inseticidas comerciais para o controle químico do bicudo na cultura do algodão, principalmente do grupo dos piretróides, organofosforados, neonicotinóides, fenilpirazol e carbamatos (BRASIL, 2021). A maior parte dos produtos comerciais são piretroides, sendo que estes tem sofrido críticas relatando a perda de sua eficiência no controle do bicudo (PAPA; CELOTO, 2015). Supõe-que o uso constante dos mesmos inseticidas e falhas na tecnologia de aplicação tem reduzido a eficiência desses produtos no controle da praga (CROSARIOL NETTO; ROLIM; ARRUDA, 2017).

É muito importante que os cotonicultores adotem o esquema de rotação dos produtos por modo de ação visando o manejo da resistência de pragas (MIRANDA; RODRIGUES, 2016). Porém, apesar do grande número de produtos registrados, muitos pertencem ao mesmo grupo químico, principalmente piretroides, ou possuem o mesmo modo de ação como os organofosforados e os carbamatos que são inibidores da enzima acetilcolinesterase, o que dificulta a realização da rotação de ingredientes ativos (CROSARIOL NETTO; ROLIM; ARRUDA, 2017). Segundo Rolim e Crosariol Netto (2020) os inseticidas registrados dos grupos dos organofosforados, carbamatos, neonicotinoides e fenilpirazóis são os mais recomendados para controlar o bicudo devido a eficácia.

Segundo Belot (2015) o bicudo ainda é a praga chave mais difícil de controlar na cultura do algodão e isso se reflete na quantidade de aplicações feitas para o combate dessa praga. Em levantamento feito pela Associação Baiana dos Produtores de Algodão (ABAPA), desde a safra de 2013/2014 até a safra 2019/2020, mais de 50% das aplicações de inseticidas na cotonicultura baiana são direcionadas para o bicudo como mostra a figura 4 (ABAPA, 2020).

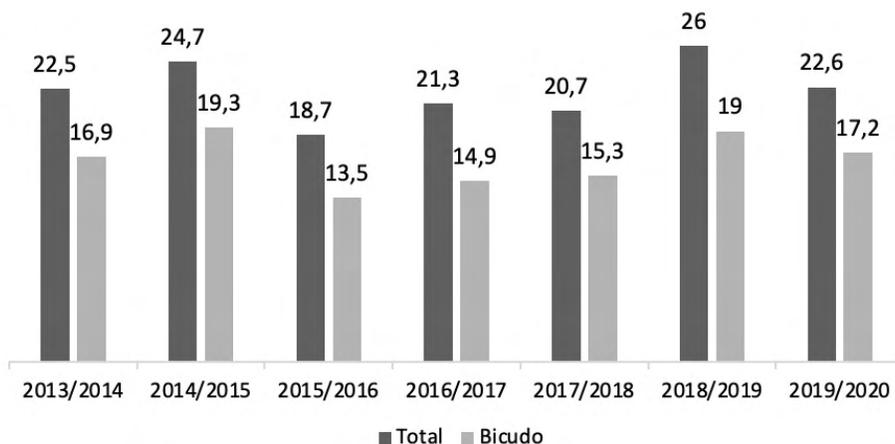



Figura 4 - Comparativo do histórico de aplicações (média) de inseticidas no oeste da Bahia.

Fonte: Associação Baiana dos Produtores de Algodão

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os grandes prejuízos econômicos ocasionados pelo bicudo exigem pouca tolerância do setor com esta praga. Considerando a baixa probabilidade de sua erradicação do território brasileiro, devido as condições favoráveis à sua manutenção nas áreas do Cerrado, os produtores precisam conviver com a praga, buscando formas de minimizar os danos. A eficiência no controle do bicudo depende do comprometimento da cadeia produtiva e de todos os segmentos envolvidos no setor, como pesquisadores, extensionistas e órgãos fiscalizadores; pois, as experiências relatadas com a praga demonstram que ações isoladas não possuem grande eficiência, mas sim o empenho coletivo.

A grande quantidade de aplicações de inseticidas realizadas para o controle do bicudo, além do seu potencial reprodutivo, de sobrevivência e disseminação, demonstra o quanto as práticas culturais são importantes e precisam ser adotadas por todos os cotonicultores. Com isso, é necessário que o setor continue a buscar novas alternativas para que o cultivo de algodão no Cerrado não se torne insustentável devido ao ataque do bicudo, de outras pragas da cultura e de práticas pouco sustentáveis. As pesquisas envolvendo métodos de controle que ainda não são bem exploradas, mas que demonstraram algum potencial ao longo da história, como o controle biológico, futuramente podem ser úteis, para isso, é preciso que os pesquisadores continuem se empenhando em busca de novas tecnologias.

Apesar da grande dificuldade de controle do *Anthonomus grandis* e os danos causados na cultura do algodão desde a sua chegada ao país, o setor algodoeiro consegue tornar a atividade possível e lucrativa, colocando o agronegócio brasileiro em posição de destaque no cenário nacional e internacional. É possível que no futuro, o Brasil seja ainda mais eficiente e alcance melhores posições no ranking de produção e exportação, com isso

o bicudo é um grande inimigo a ser combatido, demonstrado que é um grande problema para o setor. Portanto, deve-se continuar buscando alternativas de controle dentro do contexto ambiental, econômico e social que permita o contínuo desenvolvimento e crescimento da cotonicultura brasileira.

REFERÊNCIAS

Associação Baiana dos Produtores de Algodão. **Relatório de Gestão 2019/2020**. Barreiras: ABAPA, 2020. Disponível em: <https://abapa.com.br/relatorio-de-gestao/>. Acesso em 27 jun. 2021.

Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. Relatório de conclusão de safra de sustentabilidade – 2010/2020. Brasília: ABRAPA, 2021. Disponível em: < https://www.abrapa.com.br/Paginas/Sustentabilidade/ABR%20e%20BCI%20%E2%80%93%20Relat%C3%B3rio%20de%20Safra.aspx>. Acesso em 19 jul. 2021.

ALLEN, C.T. Boll Weevil Eradication: An Areawide Pest Management Effort. In: KOUL, O; CUPERUS, G; ELLIOT, N. **Areawide pest management**: Theory and implementation. United Kingdom: Oxford University Press, 2008. p. 467-559.

ALMEIDA, R.P., SILVA, C.A.D. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1998. 65 p. (Circular técnica 27)

ALMEIDA, R.P.; SOARES, J.J.; ALBUQUERQUE, F.A. **Manejo agroecológico de pragas do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2019. 48 p. (Circular técnica 141)

ALVES, L.R.A; LIMA, F.F; FERREIRA FILHO. J.B.S. Histórico e evolução da cotonicultura brasileira. In: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. **Algodão do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2014. cap. 1, p. 9-30.

ANDRADE JUNIOR, E.R.; SOUZA, M. **Cuidados na destruição química de soqueira**. Cuiabá: IMAmt, 2019. 8 p. (Circular técnica 41).

ANDRADE JUNIOR, E.R.; SOUZA, M. **Vazio sanitário do algodoeiro em Mato Grosso**: principais pontos da Instrução Normativa 001/2016 do INDEA-MT. Cuiabá: IMAmt, 2016. 8 p. (Circular técnica 24).

ARAÚJO, A. T.; BASTOS, S. C.; TORRES. B, J.; Manejo efetivo do bicudo-do-algodoeiro. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.177, p.18-21, 2014.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E. Biologia e Ecologia do Bicudo-do-Algodoeiro no Brasil. In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro** (***Anthonomus grandis*** **BOH., 1843) nos Cerrados brasileiros**: Biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. Cap 2, p. 45-57.

BAHIA. Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia. Portaria nº 253 de 25 de set. 2018. Dispõe sobre as medidas fitossanitárias para controle do bicudo-do-algodoeiro no Estado da Bahia. Secretária da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura, 25 de set de 2018. 7 p. Disponível em: <http://www.adab.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=16>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BARROS, E.M.; CASORIOL NETTO, J. Bicudo em algodão. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.191, p.10-12, 2015.

BASTOS, C.S., TORRES, J.B. **Controle Biológico e o Manejo de Pragas do Algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 63 p. (Circular técnica 72).

BASTOS, C.S.; PEREIRA, M.J.B.; TAKIZAWA, E.K.; OHL, G.; AQUINO, V.R. **Bicudo do algodoeiro**: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31 p. (Circular Técnica 79).

BELOT, J.L. **Bicudo-do-algodoeiro, praga chave da cotonicultura Mato-grossense**. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. 254 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 2).

BÉLOT, J.L; BARROS, E.M; MIRANDA, J.E. Riscos e oportunidades: O bicudo do algodoeiro. In: EMBRAPA. **Desafios do cerrado**: Como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade. Cuiabá: Associação Matogrossense dos Produtores de Algodão, 2016. Cap. 3, p. 77-118.

BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J. **Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman):** Nova ameaça à cotonicultura brasileira - biologia e controle. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1983, 32p. (EMBRAPA.CNPA. Documentos, 22).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. AGROFIT. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 27 jun. 2021.

BUAINAIN, A.M; BATALHA, M.O (Org.) **Cadeia Produtiva do Algodão**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. v.4, 108 p. (Série Agronegócios).

BUSOLI, A. C.; PEREIRA, F. F.; LOPÉZ, V. A. G.; SOARES, J. J.; MELO, R. S.; ALMEIDA, C. L. A. Preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por frutos de diferentes cultivares e idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p. 101-104, 2004.

BUSOLI, A.C.; MICHELOTTO, M.D. Comportamento do bicudo: fechando o cerco. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.72, p.18-22, 2005.

CARDOSO, U.P.; CASTELLANI, M.A.; FORTI, L.C.; MENEZES JÚNIOR, A. de O.; MOREIRA, A.A.; COLMENAREZ, Y.C.; OLIVEIRA, RAMIRES, M.E.C.R. de; BITTENCOURT, M.A.L. **Índice de infestação e fatores de mortalidade do bicudo-do-algodoeiro (Coleoptera: Curculionidae) no semiárido do sudoeste da Bahia**. Entomotropica, Venezuela, v.24, p. 111-122, 2009.

CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATO, E.J. Semeadura adensada incrementa produção e reduz custos. **Visão agrícola**, Piracicaba, v. 6, p. 88-90, 2006.

CONAB. **Safra brasileira de grãos 2019/2020**. 12º levantamento. 68 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 3 maio. 2021.

COUTINHO, J. L. B.; CAVALCANTE, V. A. L. B. Utilização do fungo *Beauveria bassiana*, no controle biológico do bicudo do algodoeiro em Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 455-461, 1988.

CROSARIOL NETTO, J.; ROLIM, G.G.; ARRUDA, L.S.; **Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de diferentes moléculas inseticidas utilizadas na cultura do algodoeiro – Safra 2016/17**. Cuiabá: IMAmt, 2017. 8 p. (Circular técnica 31).

DEGRANDE, P. E. Ameaça do bicudo exige organização e empenho de todos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 6, p. 55-58, 2006.

DEGRANDE, P.E. Estratégia de controle do bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.62, p.19-21, 2004.

DEGRANDE, P.E. Manejo de pragas em algodão. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.42, p.14-16, 2002.

DEGRANDE, P.E.; SANTOS, W.J.; SILVA, A.F.C.P. Programa nacional contra o bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.68, p.08-10, 2004.

EL-LISSY, O; GREFENSTETTE, W.J. Progress of Boll Weevil *Anthonomus grandis* Eradication in the United States of America, 2005. In: VREYSEN, M.J.B; ROBINSON, A.S; HENDRICHS, J. **Area-wide control of insect pests**: From research to field implementation. Vienna, Austria: Springer, 2007. p. 547-558.

FAO/Food and Agriculture Organization of the United Organizations (2021). Production. Crops Primary. Disponível em <http://faostat.fao.org<. Acesso em 27 jun. 2021.

GABRIEL, D. **Avaliação de malváceas cultivadas como hospedeiras reprodutivas de *Anthonomus grandis* Boh., 1843, no laboratório.** Arquivos do instituto biológico, Campinas, v. 69, n. 3, p. 69-76, 2002.

GABRIEL, D. **O bicudo do algodoeiro**. Campinas: Instituto biológico, 2016. 20 p. (Documento técnico, 25).

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GIOMETTI, F.H.C.; WENZEL, I.M.I.; ALMEIDA, J.E.M.; LEITE, L.G.; ZAPPELINI, L.O. **Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* para o controle de adultos do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae).** Arquivos do instituto biológico, Campinas, v. 77, n. 1, p. 167-169, 2010.

GOMES M. P.; GRÜNDLING R. D. P.; CONTINI E.; VIEIRA JÚNIOR P. A. Agricultura mundial: evolução, avanços e novos desafios. In: EMBRAPA. **Desafios do cerrado**: Como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade. Cuiabá: Associação Matogrossense dos Produtores de Algodão, 2016. p. 11- 44.

GRAVENA, S. Quem é esse tal de bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.25, p.42-44, 2001.

HABIB, M.E.M.; FERNADES, W.D. *Anthonomus grandis* Boheman (Curculionidae) já está na lavoura algodoeira do Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.58, n.1-2, p.74, 1983.

JUNIOR, E. R de. A.; SILVA, O. R. R. F.; SOFIATTI, V. Destruição de soqueiras. In: AMPA (Org.). **Manual de boas práticas**. Cuiabá: AMPA- IMAmt, p. 234-241, 2015.

KOGAN, M. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary development. **Annul Review Entomology**, 43: 243-270, 1998.

LEMON, R.; STICHLER, C.; NORMAN JUNIOR., J. Cotton stalk destruction with herbicides. College Station: Texas A&M University, 2003.

LIMA JÚNIOR; I.S.L **Avaliação do plano de supressão populacional do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis,* BOHEMAN, 1843 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) no estado de Goiás**. 2010. 40 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

LIMA, T.C.; AQUINO, L.A.; BERGER, P.G. Botânica. In: BORÉM, A.; FREIRE, E.C. **Algodão do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2014. cap 3, p. 49-66.

LUKEFAHR, M. J.; BARBOSA, S.; BRAGA SOBRINHO, R. Aspectos históricos do bicudo do algodoeiro (Anthonomus grandis Boheman). Campina Grande: Embrapa, 1984. 8 p.

LUKEFAHR, M. J.; BARBOSA, S.; BRAGA SOBRINHO, R. Plantas hospedeiras do bicudo com referência especial à flora brasileira. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M.J.; BRAGA SOBRINHO, R. **O bicudo do algodoeiro**. Brasília: EMBRAPA/DDT, 1986. p. 275-285.

MATA, R.A.; PIMENTA, M.; VENZON, M.; FONTES, E.M.G.; SUJII, E.R.; SILVA, J.P.; PIRES, C.S.S. **O quiabeiro**: Possível planta-armadilha para o manejo do bicudo-do-algodoeiro. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2011. 21 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 291).

MATO GROSSO. Instrução normativa conjunta SEDEC/INDEA-MT nº 001/2016, de 4 de maio 2016. Dispõe sobre as medidas fitossanitárias para controle do bicudo-do-algodoeiro no Estado de Mato Grosso. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 4 maio de 2016. p. 64–66. Disponível em: <https://www.iomat.mt.gov.br/ portal/edicoes/download/14486>. Acesso em: 27 jun. 2021.

MIRANDA, J. E. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2006. 24 p. (Circular técnica 98).

MIRANDA, J. E.; DE BORTOLI, S. A.; VACARI, A. M.; RODRIGUES, S. M. M. Bicudo-do-algodeiro: ações de controle e supressão populacional em Goiás. In.: BUSOLI, A. C.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; SOUZA, B. H. S.; GRIGOLLI, J. F. J. **Tópicos em entomologia agrícola – VI**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2013. p.47-56.

MIRANDA, J. E.; RODRIGUES, S.M.M. **Manejo do bicudo-do-algodoeiro em áreas de agricultura intensiva**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. 18 p. (Circular Técnica 140).

MIRANDA, J.E; MORAIS, S.M. O tamanho do prejuízo do bicudo e a necessidade do monitoramento. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.236, p.52-55, 2018.

MIRANDA, J.E; RODRIGUES, S.M.M. História do bicudo do Brasil. In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos cerrados brasileiros**: biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. Cap. 1, p. 10-44.

MOURA, A.P; Manejo Integrado de Pragas: Estratégias e Táticas de Manejo para o Controle de Insetos e Ácaros-praga em Hortaliças. Brasília: Embrapa hortaliças, 2015. 28 p. (Circular técnica 140).

NEVES, R.C.S. **Práticas alternativas para detecção e controle do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae)**. 2013. 86 f. Tese (Doutorado em entomologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

NUSSENBAUM, A.L. **Aislamientos de** *Beauveria bassiana* **y** *Metarhizium anisopliae* **virulentos para el control del picudo del algodonero**, ***Anthonomus grandis*** **(Coleoptera: Curculionidae)**. 2014. 183 f. Tese (Doutorado em ciências biológicas) - Universidad de Buenos Aires, 2014.

PAPA, C.; CELOTO, F.J. Controle químico do bicudo-do-algodoeiro, Anthonomus grandis, Boheman (Coleoptera: Curculionidae). In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos cerrados brasileiros**: biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2015. Cap. 5.3, p. 140-150.

PARENCIA, C.R. Controle químico do bicudo. In: BARBOSA, S.; LUKEFHAR, M.J.; BRAGA SOBRINHO, R. (Ed.). **O bicudo do algodoeiro** Brasília: Embrapa-DDT, 1986. p. 185-199.

PIEROZZI JR, I.; HABIB, M.E.M. Levantamento e análise da eficiência de fatores bióticos de mortalidade natural de *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (Coleoptera, Curculionidae), na região de Campinas-SP, Brasil. **Revista de L´Academia Colombiana de Ciência**, v. 18, n. 70, p. 423-431, 1992.

PIMENTA, M.; MATA, R.A.; VENZON, M.; CUNHA, D.N.C.; FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S; SUJII, E.R. Survival and preference of cotton boll weevil adults for alternative food sources. **Brazilian Journal of Biology**, Brasília, v.76, n. 2, p. 387-395, 2016.

PLATO, T. A.; PLATO, J. C.; PLATO, J. S.; PLATO, S. E. Results of the BWACT in boll weevil control, prevention, suppression and eradication programs in the Americas. In: Beltwide Cotton Conferences, 2001, Memphis. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council. p. 1185-1192.

PRAÇA, L.B. ***Anthonomus grandis*** **Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae)**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007, 23 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 216).

RAMALHO, F. de S.; MALAQUIAS, J. B. O controle biológico do bicudo-do-algodoeiro. In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos cerrados brasileiros**: biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. Cap. 5.4, p. 151-177.

RAMALHO, F. de S.; GONZAGA, J. V.; SILVA, J. R. B. Método para determinação das causas de mortalidade natural do bicudo do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.8, p. 877-887, 1993.

RAMALHO, F. S.; DIAS, J. M. Efeitos de hospedeiros alternativos na biologia de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitóide de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 305-310, 2003.

RAMALHO, F.S., MEDEIROS, R.S., LEMOS, W.P., WANDERLEY, P.A., DIAS, J.M., ZANUNCIO, J.C. 2000. Evaluation of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hym., Pteromalidae) as a biological control agent against cotton boll weevil. **Journal of applied entomology**, Berlin, v. 124, p. 359-364, 2000.

RAMALHO, F.S.; WANDERLEY, P. A. Ecology and management of the boll weevil in South American cotton. **American Entomologist**, v. 42, p. 41-47, 1996.

RIBEIRO, E.B.; CASTELLANI, M.A.; SILVA, C.A.D.; MELO, T.L.; SILVA, G.S.; VALE, W.S.; SANTOS, A.S. Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.11, p. 993-998, 2015.

RIBEIRO, P. A.; SUJII, E. R.; DINIZ, I. R.; MEDEIROS, M. A.; SALGADO-LABORIAU, M. L.; BRANCO, M. C.; PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G. Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* boheman (Coleoptera: Curculionidae) under the tropical conditions of central brazil. **Neotropical entomology**, v. 39, p. 28-34, 2010.

RODRIGUES, S. M. M; MIRANDA, J. E.; Detectado pelo cheiro. **Cultivar Grandes Culturas**, n.98, p. 28-30, 2007.

RODRIGUES, S.M.M.; MIRANDA, J.E. Controle etológico do bicudo do algodoeiro. In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos cerrados brasileiros**: biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. Cap. 5.1, p. 92-113.

SANTOS, C.L. **Tecnologias atuais e potenciais de controle do Bicudo-do-Algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boh., 1843) relacionadas ao plano de manejo do Parque Nacional das Emas**. 2010. 37 f. Monografia (Especialista em Tecnologias inovadoras no manejo integrado de pragas e doenças de plantas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SANTOS, R.C. Cultivar com resistência ao bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.66, p. 6-9, 2004.

SANTOS, W.J. Bicudo e brocas no algodão. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.36, p12-16, 2002.

SANTOS, W.J. Manejo efetivo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.197, p.24-26, 2015.

SANTOS, W.J. Medidas estratégicas de controle do bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis Boh., 1843). In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis BOH., 1843) nos cerrados brasileiros**: biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. Cap. 4, p. 76-91.

SILVA, C. A. D. da. **Feromônios para o controle de pragas do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa algodão, 2002, 48p. (Embrapa Algodão. Documentos, 91).

SILVA, C. A. D. da.; BELTRAO, N. E. de M.; FERREIRA, A. C. de B.; SILVA, O. R. R. F.; SUASSUNA, N. D. **Algodoeiro herbáceo em sistema de cultivo adensado: atualidades e perspectivas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009, 27 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 219).

SILVA, C.A. Supressão do bicudo em algodoeiro. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.154, p.8-9, 2012.

SILVA, C.A.D. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* patogênicos ao bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 36, n. 2, p. 243-247, 2001.

SILVA, F.P.; BEZERRA, A.P.L.; SILVA, A.F. Oviposição e alimentação do bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman, em linhagens mutantes de algodoeiro herbáceo de cultura de soca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.1, p. 85-89, 2008.

SILVA, O.R.R.F.; SOFIATTI, V.; CARTAXO, W.V.; BARBOSA, V. de S.C.; WANDERLEY, M. J. R. **Algodão em pluma**. Brasília: Embrapa algodão, 2009. 44 p. (Coleção agroindústria familiar).

SILVA; O.R.R.F. Destruição dos restos culturais: a escolha certa do equipamento. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 6, p. 97-100, 2006.

SILVA; R.F. **Insetos fitófagos associados à soqueira de algodoeiro durante o período de vazio sanitário**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em entomologia e conservação da biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017.

SOFIATTI, V.; SILVA, O. R. R. F DA; JUNIOR, E. R de. A.; FERREIRA, A. C de. B. **Destruição dos restos culturais do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2015. 20 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 96).

SUJII; E,R.; PIRES; C.S.S. Plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro. In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos Cerrados brasileiros**: Biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. Cap 3, p. 58-75.

THOMAZONI, D.; ALVES, L.F.A.; PIRES, E.; PIERRE J.; SILVIE, P.J.; SANTOS, J.C. Seleção de isolados de fungos entomopatogênicos (*Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*) visando o controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*, Boheman 1843) (Coleoptera: Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Resumos...** Salvador: ABRAPA, 2005.

TOMQUELSKI, G.V.; MARTINS, G.M. Bicudo em algodão. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.111, p.42-45, 2008.

TOMQUESKI, G.; SILVEIRA, A.; VILELA, R. Danos agravados por ácaros no sistema produtivo, **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n. 167, p. 28-29, 2013.

TORRES, J.B.; VIVAN, L.M.; BASTOS, C.S.; BARROS, E.M. Controle cultural como método de convivência com as pragas do algodoeiro. In: BELOT, J. L. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos cerrados brasileiros**: biologia e medidas de controle. 2. ed. Cuiabá: Instituto Matogrossense do Algodão, 2015. Cap. 5.2, p. 114-139.

WALKER, J.K. Controle cultural do bicudo. In: BARBOSA, S.; LUKEFHAR, M.J.; BRAGA SOBRINHO, R. (Ed.). **O bicudo do algodoeiro**. Brasília: Embrapa-DDT, 1986. p. 159-183.

CAPÍTULO 7

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA, PROPAGACIÓN SEXUAL Y ASEXUAL DE TRES ESPECIES DE LITSEA (LAURACEAE) EN DIFERENTES AGROECOSISTEMAS DE MÉXICO

Data de aceite: 01/12/2021

Claudia Yarim Lucio Cruz
Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Jaime Pacheco-Trejo
Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Eliazar Aquino Torres
Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Judith Prieto Méndez
Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Sergio Rubén Pérez Ríos
Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

José Justo Mateo Sánchez
Programa Educativo de Ingeniería Forestal del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

RESUMEN: El Laurel es un importante recurso forestal no maderable en varias regiones de México, usualmente no es cultivado, por lo tanto, las poblaciones naturales de este género enfrentan diversos problemas debido a la extracción excesiva y comercio sin control. Por otra parte, se conoce poco acerca de la distribución y propagación de estas especies. En el presente proyecto se colectaron muestras de material vegetativo de *Litsea* en diferentes agroecosistemas de los estados de Hidalgo y Puebla México. Como resultado se identificaron tres especies: *L. pringlei*, *L. schaffneri* y *L. glauscenses*. Para la propagación vegetativa, se consiguieron resultados positivos, teniendo los mejores porcentajes en el acodo aéreo, específicamente para *L. schaffneri*. Finalmente, el acodo aéreo puede ser una buena opción para la propagación de estas especies.

PALABRAS CLAVE: Lauraceae, *Litsea*, Laurel, Propagación sexual y asexual, Agroecosistemas.

TAXONOMIC IDENTIFICATION, SEXUAL AND ASEXUAL PROPAGATION OF THREE LITSEA SPECIES FROMN DIFFERENT MEXICAN AGROECOSISTEMS

ABSTRACT: The bay plant is an important non-woody resource in different regions of Mexico, usually is not cultivated, thus the populations are facing several problems due to the excessive removal and uncontrolled trade. In the other hand, little is known about the distribution and propagation of these species. In the present work, *Litsea* samples were collected in different agroecosystems from Hidalgo and Puebla, Mexico. Three species were identified: *L. pringlei*, *L. schaffneri* and *L. glauscenses*. Regarding the vegetative propagation, there were good result for the air layering in *L. schaffneri.* The air layering can be a good option to propagate this species.
KEYWORDS: Lauraceae, Litsea, bay, sexual and asexual propagation, Agroecosystems.

INTRODUCCIÓN

La familia Lauraceae, agrupa alrededor de 2500 especies en aproximadamente 50 géneros, distribuidas principalmente en regiones tropicales y subtropicales en el mundo (Mabberley, 2008). A esta familia pertenece el género *Litsea*, conocido comúnmente como laurel, que comprende 400 especies aproximadamente, la mayoría originarias de Asia oriental, Australia, Nueva Zelanda, solamente pocas se encuentran en América continental, desde la costa este de los Estados Unidos, México (excepto Baja California y Yucatán) y en zonas montañosas de Guatemala a Costa Rica (Rohwer, 1993).

El laurel es un importante recurso forestal no maderable en diferentes regiones de México (Dávila, 2011), que por sus diferentes usos y debido a una extracción y comercialización no controlada, se consideran algunas especies con categoría especial de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En México se reconocen diferentes especies de *Litsea*, entre ellas *L. glaucescens*, *L. schaffneri* y *L. pringlei* (Jiménez-Pérez y Lorea-Hernández, 2009).

En general se conoce poco de las poblaciones de laurel en México (Dávila, 2011); además, este grupo presenta baja capacidad reproductiva y una sobreexplotación en tiempo de floración y sin un manejo productivo (Valle Rodríguez *et al*., 2013). El presente trabajo tuvo como objetivo el aportar conocimiento sobre la identificación taxonómica, distribución y métodos de propagación de este género.

MÉTODOLOGÍA

Área de estudio

El área de estudio se localizó en los municipios de Cuautepec (2300 msnm) y Mineral del Chico (2500 msnm) en el estado de Hidalgo, y en el municipio de Pahuatlán en el estado de Puebla (1846 msnm). En las localidades de Hidalgo la vegetación predominante es bosque de encino, mientras que en Pahuatlán es bosque de pino-encino (Rzedowski,

2006).

Identificación taxonómica

Para la identificación taxonómica de los ejemplares de *Litsea*, las muestras colectadas (ramitas con flor y/o fruto) fueron colocadas en la estufa por 4 días para su secado para posteriormente ser revisadas en el laboratorio de botánica del Instituto de Ciencias Agropecuarias. Se utilizó la clave dicotómica propuesta por Jiménez-Pérez y Lorea-Hernández (2009).

Germinación

Los frutos colectados presentaban coloración obscura durante el muestreo llevado a cabo en el período julio-agosto del 2018, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1 Fruto maduro de *L. schaffneri*.

Los frutos fueron transportados al laboratorio en bolsas de plástico perforadas, la pulpa fue removida a mano, las semillas se limpiaron y fueron lavadas con agua. Solo fueron seleccionadas semillas con apariencia saludable y desechadas aquellas con evidencias de daño físico por parásitos u hongos.

El experimento se realizó en cajas de Petri, colocando cinco semillas por caja, posteriormente fueron colocadas en la cámara de germinación, como sustrato se utilizó suelo del mismo sitio de colecta tamizado y arena estéril en proporción 1:1.

Las cajas fueron expuestas en la germinadora a 12 horas luz, 12 horas oscuridad para simular las condiciones naturales del día y la noche. Se observaron todas las cajas diariamente, para llevar a cabo un registro de la germinación; empleando dos temperaturas 20° y 30°C, así como tres tiempos diferentes de inmersión en agua: 24, 48 y 72 horas como tratamiento pre germinativo.

Las temperaturas utilizadas en la germinadora fueron establecidas en base a las temperaturas registradas en el Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de Hidalgo (INEGI, 2017) para las zonas de colecta. El criterio considerado para la germinación de semillas fue la emergencia de la radícula.

Propagación asexual

Esquejes

Para la propagación por esquejes, fueron seleccionados individuos sanos y de tamaño óptimo para la obtención del material vegetal a colectar; los individuos fueron de Mineral del Chico y Cuautepec.

La colecta se realizó a finales de febrero del 2019 en una población de individuos adultos con una altura mayor a 2.5 m. El material fue de dos tipos, el juvenil proveniente de los rebrotes de los árboles y el maduro que se obtuvo desde la copa de los individuos. Se cortaron varetas con una longitud de 15 cm con dos o tres nudos, conservando de dos o tres hojas, la parte basal fue envuelta en toallas de papel húmedo para evitar la deshidratación durante el traslado. Fueron utilizadas 15 varetas por especie. Para el experimento se utilizó AIB (ácido indolbutírico) en una concentración de 10,000 L^{-1} con una porción de 1:1 de arena con agrolita como sustrato, y una solución fungicida de Oxicloruro de cobre 5 g L^{-1} en agua. El ensayo se realizó en una cama caliente, con temperaturas entre 20 y 25 °C en invernadero alejadas de luz directa, con riego por aspersión.

Después de cuatro meses fue evaluada la sobrevivencia (en porcentaje), estacas con callo y enraizamiento. El experimento tuvo una duración de cuatro meses.

Acodos aéreos

Fueron seleccionados 5 individuos de las dos localidades de Hidalgo (Cuautepec y Mineral del Chico) porque mostraron abundante ramificación, ausencia de enfermedades y/o plagas. Fueron descartadas aquellas ramas picadas por insectos o con presencia de pudrición parcial o total.

Como medio de crecimiento se utilizó peat moss y agrolita en proporción 1:1; para cada acodo se humedeció con una solución de auxinas de 1000 ppm, como testigo se aplicó una solución sin auxinas. Posteriormente, en las ramas seleccionadas, se hizo una incisión circular con una navaja de injertar de 3.5 cm de ancho aproximadamente. Fue desprendida la corteza con la finalidad de dejar el xilema directamente en contacto con el medio exterior como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Acodo aéreo de *L. pringlei*.

El material de la planta madre se manejó con prontitud y cuidado para evitar daños que obstaculizaran su enraizado. Así mismo, fue evitada la incidencia directa de luz solar en la incisión generada por el corte, después de retirar la corteza para el acodado en las ramas, se procedió a colocar las auxinas a 1000 ppm, y posteriormente cubrir el acodo aéreo con el sustrato y capas de polietileno, amarrando el acodo con hilo de algodón.

Para el registro de resultados, se observaron a simple vista los cambios presentados en la sección de cada acodo: aparición de callo, acodos muertos y acodos enraizados. Por cada raíz formada, se consideró un acodo enraizado.

RESULTADOS

Identificación taxonómica

De acuerdo con la clave dicotómica propuesta por Jiménez-Pérez y Lorea-Hernández (2009) se identificaron tres especies de laurel: *L. schaffneri* en Cuautepec, *L. pringlei* en Mineral del Chico y *L. glaucescens* en Pahuatlán, algunas características morfológicas de las tres especies son presentadas en la Figura 3. Las características diagnosticas de *L. schaffneri* son hojas coriáceas, glabras con la base aguda; *L. pringlei* presenta hojas cordadas, obtusas o redondedas, glabras; mientras que *L. glaucescens* se distingue por

sus hojas membranosas, glabras y longitud de peciolo mayor a 1 cm.

Por otra parte, los agroecosistemas en los que se distribuyen las especies estudiadas también presentan características diferentes. Por ejemplo, *L. schaffneri* crece en terrenos planos (sin pendiente) dentro de una población muy reducida de encinos, al margen de agroecosistemas de maíz, con severas heladas en época invernal; en contraste *L. pringlei* crece en una cañada (gran pendiente) entre una población abundante de encinos, y eventos de heladas esporádicos; *L. glaucescens* se localiza en una zona completamente talada para cultivar maíz, con reducida presencia de pinos y encinos y un relieve variado.

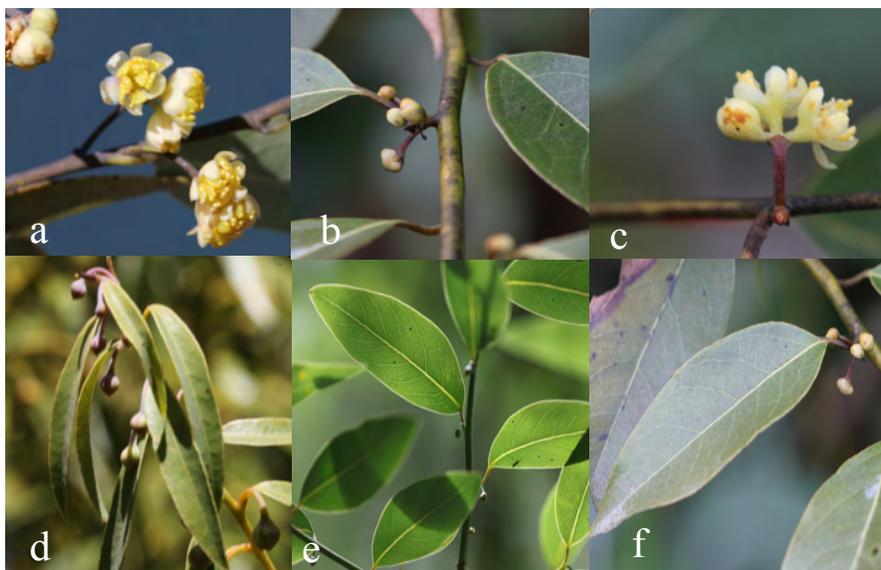



Figura 3. **a** Flores de *L. schaffneri*, **b** Flores en antesis de *L. pringlei*, **c** Flores de *L. glaucescens*, **d** Hojas de *L. schaffneri*, **e** Hojas de *L. pringlei*, **f** Hojas de *L. glaucescens*.

Germinación

El porcentaje obtenido de la germinación de semillas de *L. schaffneri* y *L. pringlei* fue de 0%. No se pudo realizar este experimento para individuos de *L. glaucescens.*

Esquejes

En el experimento de propagación de esquejes de *L. schaffneri*, *L. pringlei* y *L. glaucescens* a los 15 días se observó que el 70% de varetas presentaba necrosis en una tercera parte de su longitud; a los 25 días la mayoría de las varetas comenzaron con la pérdida de hojas, y al superar los 60 días la necrosis fue total.

Las varetas de ramas jóvenes se conservaron en condiciones óptimas hasta superar el primer mes del experimento, sin embargo, superando este tiempo comenzó la necrosis en un 80% de las varetas y finalizó a los 70 días del experimento. El resto de las varetas jóvenes sobrevivientes se conservaron con la tonalidad original al corte, al finalizar el experimento fueron sacadas de las camas y no se observó enraizamiento, aunque presentaron formación del callo en un 12%. En las varetas de ramas más maduras solo un 7% presentó callo. El porcentaje de esquejes enraizados fue del 0% para ambos tratamientos (esquejes de ramas juveniles y maduras).

Acodo aéreo

Los primeros registros de producción de raíces se observaron a los 90 días en *L. schaffneri* en la localidad de Cuautepec, para *L. pringlei* de la zona de Mineral del Chico fue hasta los 120 días. En ambos casos, las raíces al inicio tuvieron una apariencia delgada y blanquecina.

El porcentaje de acodos enraizados para la comunidad de Mineral del Chico fue del 60%. Dentro del porcentaje de acodos enraizados y trasplantados a maceta presentaron una sobrevivencia del 25%.

Para el caso de *L. schaffneri*, también se presentó enraizamiento en el 60% de los ejemplares, pero se perdieron varios de los acodos realizados en la zona ya que fueron destruidos por habitantes de la comunidad. El 10% de los acodos no presentó ningún signo de enraizamiento. En relación con el porcentaje de sobrevivencia después del corte y trasplante a la maceta este fue del 0%.

Para *L. glaucescens* no se realizaron experimentos de acodo aéreo.

CONCLUSIONES

Fueron identificadas 2 especies de *Litsea* para diferentes agroecosistemas del estado de Hidalgo y una para Puebla. Este es un género complejo que comprende muchas especies y que aún requiere mucho trabajo taxonómico para evitar confusiones y controversias.

Para la germinación de semillas y esquejes no se obtuvieron resultados positivos, esto coincide con trabajos previos en donde se indica que las especies de este género son complicadas de reproducir.

Por tal motivo, se debe continuar con investigaciones que permitan propagar de manera exitosa estas especies de importancia económica, que por la baja reproducción en sus hábitats naturales y la extracción excesiva para su venta en época de floración es todavía más complicado el aumento de sus poblaciones.

En el caso de la reproducción por acodo aéreo se obtuvieron resultados favorables, al menos para una especie, por lo que parece ser un método de propagación efectivo, por supuesto considerando sus ventajas y desventajas.

Los resultados demuestran la necesidad de continuar trabajando con este grupo de especies para contribuir a su conservación y manejo sustentable.

REFERENCIAS

DÁVILA FIGUEROA C. A. **Estudio Ecológico y Biotecnológico del Laurel (*Litsea glaucescens*) en Aguascalientes, México**. Tesis de Doctorado Universidad Autónoma de Aguascalientes. (2011).

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (MÉXICO). **Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017** / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. INEGI. 2017.

JIMÉNEZ-PÉREZ, N. C., LOREA-HERNÁNDEZ, F. G. **Identity and delimitation of the American species of *Litsea* Lam. (Lauraceae): a morphological approach**. Plant Systematics and Evolution 283:19-32. 2009.

MABBERLEY D. J. **The plant book: A portable dictionary of plants, their classification and uses**. Third Edition Cambridge University press. Cambridge, pp. 496. 2008.

ROHWER J. G. **Lauraceae**. En: Kubitzki K., Rohwer J. G., Bittrich V. (editores). The families and genera of vascular plants, vol 2,

Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid families. Springer, Berlin, pp 438–453. 1993.

RZEDOWSKI, J. **Vegetación de México**. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp. 2006.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. **Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010**. Diario Oficial de la Federación (DOF). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. jueves 30 de diciembre de 2010. 2010.

VALLE RODRÍGUEZ, C.M.; DÁVILA FIGUEROA, C.A.; DE LA ROSA CARRILLO, M.L.; PÉREZ MOLPHE-BALCH, E.; MORALES DOMÍNGUEZ, J.F. **Propagación in vitro del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) y análisis de la diversidad genética de poblaciones del centro de México**. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 57, 19-26, 2013.

CAPÍTULO 8

MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO NA ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DA ORQUÍDEA *BRASSOCATTLEYA* PASTORAL 'ROSA'

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 01/09/2021

Ananda Covre da Silva
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/2585770768255102

Helio Fernandes Ibanhes Neto
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/0701455582246926

Amanda Lovisotto Batista Martins
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/6303964829989419

Marjori dos Santos Gouveia
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/2665104063206777

Gustavo Henrique Freiria
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/5240440775576538

Ricardo Tadeu de Faria
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/2574445537433398

André Luiz Martinez de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/1885766127325722

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com microrganismos promotores de crescimento no desenvolvimento de mudas da orquídea *Brassocattleya* pastoral 'rosa' (*Bc*. pastoral 'rosa') durante a fase de aclimatização. Mudas de *Bc.* pastoral rosa' oriundas da propagação *in vitro* receberam os seguintes tratamentos com microrganismos promotores de crescimento: T1: água (testemunha); T2: *Bacillus sp*. ZK, T3: *Streptomyces* sp. estirpe 102, T4: Adubação química+ *Bacillus* sp. ZK, T5: Adubação química+ *Streptomyces* sp. estirpe 102, T6: Adubação química. Utilizou- se para adubação química o produto Peters (NPK- 20 20 20, 1aplicação/ mês). Após quatro meses do início do experimento avaliou-se o número de folhas e de raízes, comprimento do sistema radicular e parte aérea (cm), massa fresca e massa seca de raiz e parte aérea e massa seca total. Houve incremento no número de raízes, comprimento de parte aérea, e massa fresca de parte aérea com a inoculação de *Streptomices* sp. aliada a adubação química. Para as variáveis massa seca de raiz e parte aérea, e massa seca total as maiores medias foram dos tratamentos *Bacillus* sp. e *Streptomices* sp. ambos aliados com a adubação química. O tratamento *Bacillus* sp. associado a adubação química se diferenciou dos demais apenas na variável massa fresca de raiz.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição, Orchidaceae, fertilização, propagação in vitro.

GROWTH-PROMOTING-MICROORGANISMS IN ACLIMATIZING SEEDLINGS OF THE ORCHID *BRASSOCATTLEYA* PASTORAL 'ROSA'

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of inoculation with growth-promoting microorganisms on the development of seedlings of the *Brassocattleya pastoral* 'rosa' (*Bc.* Pastoral 'rosa') orchid during the acclimatization phase. *Bc.* pastoral 'rosa' seedlings from in vitro propagation received the following treatments with microorganisms that promote growth: T1: water (control); T2: *Bacillus* sp. ZK, T3: *Streptomyces* sp. strain 102, T4: Chemical fertilizer + *Bacillus* sp. ZK, T5: Chemical fertilization + *Streptomyces* sp. strain 102, T6: Chemical fertilization. Peters product (NPK-20 20 20, 1st application / month) was used for chemical fertilization. Four months after the beginning of the experiment, the number of leaves and roots, length of the root system and aerial part (cm), fresh weight and dry weight of root and aerial part and total dry weight were evaluated. There was an increase in the number of roots, length of aerial part, and fresh mass of aerial part with the inoculation of *Streptomices* sp. combined with chemical fertilization. For the variables dry mass of root and aerial part, and total dry mass the highest averages were from the treatments *Bacillus* sp. and *Streptomices* sp. both combined with chemical fertilization. The *Bacillus* sp. associated with chemical fertilization differed from the others only in the variable fresh root mass.
KEYWORDS: Nutrition, Orchidaceae, fertilization, in vitro propagation.

INTRODUÇÃO

A família Orchidaceae possui mais de 20 mil espécies de orquídeas distribuídas pelo mundo, o que a torna uma das maiores do reino vegetal (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019). As *Cattleyas* sp, originárias de zonas tropicais do continente americano, (PRODGEON, 2006) apresentam grande valor ornamental, e no Brasil são as orquídeas mais comercializadas (PRIZÃO et al., 2012). Devido sua diversidade de forma e cores são amplamente utilizadas para o desenvolvimento de variedades híbridas (VAN DEN BERGL, 2008) como as *Brassocattleyas* sp. A propagação e a produção de híbridos dessas orquídeas são feitas principalmente por técnicas de cultivo *in vitro* (ARDITTI, 2008).

A produção *in vitro* de mudas de orquídeas realizada em nível laboratorial é uma forma de se obter mudas sadias e de qualidade. O cultivo *in vitro* pode ser feito através da clonagem de uma planta matriz (FARIA et al., 2012) ou a partir de sementes, ambos em meio de cultura (STANCATO, 1996).

Uma fase crítica deste método de propagação é a aclimatização, que consiste na retirada das mudas do ambiente laboratorial *in vitro* para o ambiente *ex vitro*. Nessa fase a muda esta suscetível a estresse hídrico e ao aumento da taxa respiratória, aspectos estes que podem comprometer sua sobrevivência (FARIA et al., 2012) Por isso estratégias que auxiliem no desenvolvimento das mudas nesta fase são importantes.

Sabe-se que a associação de microrganismos a espécies vegetais pode ser benéfica quando este colabora com o desenvolvimento da planta hospedeira (MENDES et al., 2013).

Devido a importância de estudos relacionados a utilização de microrganismos

promotores de crescimento principalmente nas espécies de maior valor comercial, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com microrganismos promotores de crescimento no desenvolvimento de mudas da orquídea *Brassocattleya* pastoral 'rosa' (*Bc.* pastoral 'rosa') durante a fase de aclimatização.

MATERIAL E MÉTODOS

Mudas da orquídea *Bc.* pastoral 'rosa' oriundas da semeadura *in vitro* em meio Murashige & Skoog (1962), modificado com a metade da concentração dos macronutrientes, foram transplantadas em bandejas plásticas previamente sanitizadas com água sanitária. Utilizou-se como substrato esfagno autoclavado a 121 ºC por 15 minutos. Após o transplantio as bandejas foram mantidas em casa de vegetação modelo Van der Hoeven.

Os tratamentos foram compostos pela inoculação dos microrganismos *Bacillus* sp. ZK e *Streptomices* sp. estirpe 102, ambos componentes da coleção de microrganismos promotores de crescimento da Universidade Estadual de Londrina, através da rega de 10 ml de inoculante na concentração de 1x108 células por ml, sendo T1: água (testemunha); T2: *Bacillus sp*. ZK , T2: *Streptomyces* sp. estirpe 102, T3: Adubação química+ *Bacillus* sp. ZK, T4: Adubação química+ *Streptomyces* sp. estirpe 102, T5: Adubação química. Para a adubação química utilizou- se o produto comercial Peters 20-20-20 1g/l de água uma vez ao mês.

Após quatro meses do início do experimento avaliou-se: o número de folhas e de raízes, comprimento do sistema radicular e parte aérea (cm), massa fresca e massa seca de raiz e parte aérea e massa seca total. Para a contagem de número de folhas e raízes, e comprimento de parte aérea e radicular utilizou-se 10 repetições por tratamento, e para avaliação de massa fresca, seca e total 5 repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparação das médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 mostram que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados para as variáveis número de folhas e comprimento de raiz. Houve incremento para as características número de raízes, comprimento de parte aérea, e massa fresca de parte aérea com a inoculação de *Streptomyces* sp. aliada a adubação química.

Tratamentos	NR	NF	CR (cm)	CPA (cm)
Água (testemunha)	3,2 b	2,7 a	4,91 a	4,62 ab
Streptomyces sp.	3,5 b	3,2 a	4,71 a	3,5 b
Bacillus sp.+ Adubação química**	4,6 b	3,7 a	5,62 a	4,54 ab
Streptomyces sp.+ Adubação química	6,2 a	3,1 a	5,38 a	5,74 a
Adubação química	3,8 b	3,3 a	4,18 a	4,69 ab
Qmres	1,4315	1,3500	2,1625	1,1383
CV (%)	28,15	36,12	29,5	23,39

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre sí pelo teste Tukey (5%).

** Adubação química- produto comercial Peters 20-20-20, 1g/l de água uma vez por mês.

Tabela 1. Número de raízes (NR), número de folhas (NF), comprimento do sistema radicular (CR) e comprimento da parte aérea (CPA) de mudas de *Bc.* pastoral 'rosa' inoculadas com microrganismos promotores de crescimento durante a fase de aclimatização, após quatro meses do início do experimento. Londrina/PR, 2019.

Para as variáveis massa seca de raiz e parte aérea, e massa seca total as maiores medias foram dos tratamentos *Bacillus* sp. e *Streptomyces* sp. ambos aliados com a adubação química. O tratamento *Bacillus* sp. associado a adubação química se diferenciou dos demais para a variável massa fresca de raiz (Tabela 2).

Tratamentos	MFR (g)	MFPA (g)	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)
Água (testemunha)	0,140 c	0,141 e	0,028 b	0,025 b	0,054 b
Streptomyces sp.	0,186 bc	0,147 e	0,033 ab	0,026 b	0,059 b
Bacillus sp.+ Adubação química	0,239 a	0,328 b	0,046 a	0,050 a	0,096 a
Streptomyces sp.+ Adubação química	0,208 ab	0,378 a	0,044 a	0,060 a	0,105 a
Adubação química	0,149 c	0,263 c	0,027 b	0,041 ab	0,069 b
Qmres	0,00063	0,00004	0,00004	0,0001	0,0001
CV (%)	13,65	2,68	19,48	28,09	18,35

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre sí pelo teste Tukey (5%).

** Adubação química- produto comercial Peters 20-20-20, 1g/l de água uma vez por mês.

Tabela 2. Massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), e massa seca total (MST) de mudas de *Bc.* pastoral 'rosa' inoculadas com microrganismos promotores de crescimento durante a fase de aclimatização, após quatro meses do início do experimento. Londrina/PR, 2019.

A promoção do crescimento vegetal ocorre devido a capacidade desses microrganismos, como o *Bacillus* sp. e *Streptomyces* sp., produzirem hormônios vegetais, atuarem na fixação do nitrogênio, solubilização do fosfato, síntese de sideróforos (PERSELLO- CARTIAUX, NUSSAUME, ROBAGLIA, 2003), e na indução da resistência a doenças e estresses abióticos (DE OLIVEIRA et al., 2003).

Segundo Melo (1998) o efeito da promoção de crescimento por meio de microrganismos

depende de alguns fatores, entre eles, a disponibilidade de nutrientes e a interferência de outros microrganismos.

A presença de nutrientes no substrato garante a colonização e a manutenção dos organismos benéficos naquele ambiente, uma vez que estes competem com os organismos indesejáveis e auxiliam no controle de sua população (GRAÇA, 2015). Além disso, o teor de nutrientes é um fator limitante para que a microbiota esteja em estado ativo no solo (DA SILVEIRA, 2007).

Freitas et al, (2003) concluiu que havia relação entre fertilidade do substrato e promoção de crescimento ao observar que isolados de *Pseudomonas* sp. promoveram maior matéria seca de plantas de alface quando na presença de solução nutritiva. Tais aspectos justificam os resultados positivos encontrados neste trabalho com relação aos tratamentos que aliaram microrganismo a adubação química.

Bacillus sp. e *Streptomyces* sp. são rizobactérias que tem capacidade de produzirem auxinas, como o ácido indolacético (AIA), um hormônio vegetal capaz de aumentar a quantidade e promover o alongamento das raízes através da multiplicação celular. Com isso, plantas com um sistema radicular bem desenvolvido absorvem água e nutrientes mais facilmente (TAIZ, ZEIGER, 2009) proporcionando o melhor desenvolvimento vegetal.

Gomes et al., (2003) observou o aumento da massa seca radicular em mudas de alface tratadas com *Bacillus* pumilus e *Bacillus* thuringiensis. Rocha et al., (2017) ao analisar o efeito da inoculação de sementes e o crescimento inicial de plântulas de feijão Caupí, cultivares BRS Vinagre e Sempre verde, observou que *Streptomyces* sp. aumentou o crescimento da raiz nos dois cultivares testados. Além disso, o autor concluiu que este isolado tem capacidade de aumentar o desenvolvimento da parte aérea de feijão Caupí quando germinado em areia, resultado estes que corroboram com os encontrados neste trabalho.

O aumento da parte aérea vegetal pode ocorrer devido a capacidade de rizobactérias fixarem nitrogênio (SADEGUI et al., 2012) e disponibilizarem nutrientes.

CONCLUSÃO

O tratamento *Streptomyces* sp. aliado a adubação química apresentou os melhores resultados para as variáveis avaliadas, sendo, portanto, o mais indicado para a nutrição de *Bc* pastoral 'rosa' durante a fase de aclimatização.

REFERÊNCIAS

ARDITTI, J. **Micropropagation of Orchids.** 2 ed. Cambridge: Blackwell, 2008.

DA SILVEIRA, Adriana Parada Dias; DOS SANTOS FREITAS, Sueli. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Instituto Agronômico, 2007.

DE OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal.** Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E), 2003.

FARIA, R. T.; DE ASSIS, A. M.; UNEMOTO, L. K.; DE CARVALHO, J. F. R. P. **Polinização e obtenção de sementes.** In: FARIA, R. T. et al. Produção de Orquídeas em Laboratório. Londrina: Mecenas, p. 50, 2012.

FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T. & DONZELI, V. P. **Promoção do crescimento de alface por rizobactérias.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 61-70, 2003.

GOMES, Andréa et al. **Isolamento, seleção de bactérias e efeito de Bacillus spp. na produção de mudas orgânicas de alface**. Horticultura Brasileira, v. 21, n. 4, p. 699-703, 2003.

GRAÇAS, J. P. **Microrganismos estimulantes na agricultura**. Série Produtor Rural, v. 59, 2015.

MELO, IS de. **Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos.** Controle biológico, v. 1, p. 17-30, 1998.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A. **A revised médium for rapid growth and biossays with tobacco tissues culture.** Physiologia Plantarum, v. 15, p. 473- 497, 1962.

PERSELLO-CARTIEAUX, F.; NUSSAUME, L.; ROBAGLIA, C. **Tales from the underground: molecular plant–rhizobacteria interactions.** Plant, Cell & Environment, v. 26, n. 2, p. 189-199, 2003.

PRIDGEON, A. **The illustrated encyclopedia of orchids. Timber Press**, Portland, OR, USA. p. 304, 2006.

PRIZÃO, E. C.; GONÇALVES, L. D. M.; GUTIERRE, M. A. M. MANGOLIN, C. A. MACHADO, M. D. F. P. D. **Activated charcoal and grafite for the micropropagation of Cattleya bicolor Lindl. and a orchid double-hybrid 'BLC Pastoral Innocence'.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 34, n. 2, p. 157-161, 2012.

ROCHA, Weslany Silva et al. **Efeito da microbiolização na germinação e crescimento inicial de feijão caupi no Estado do Tocantins.** Tecnologia & Ciência Agropecuária, v. 11, n. 6, p. 41-47, 2017.

SADEGHI, Akram et al. **Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of Streptomyces under saline soil conditions**. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 28, n. 4, p. 1503-1509, 2012.

STANCATO, G. C. **Aspectos da germinação em sementes de orquídeas**. Orquidário, Rio de Janeiro, v. 10, n. 14, p. 114- 118, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed: Porto Alegre, RS). 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **A família Orchidaceae**. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/lbmbp/index.php/p/familia. Acesso em: 28 jun. 2019.

VAN DEN BERGL, C. **New combinations in the genus Cattleya Lindl. (Orcjdaceae)**. Boletim CAOB, v. 52, n. 100, 2004.

CAPÍTULO 9

EFEITO DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO NO DESENVOLVIMENTO DE GÉRBERA EM VASO

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 01/09/2021

Amanda Lovisotto Batista Martins
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Agronomia
Londrina – PR
https://orcid.org/0000-0003-3504-7469

Ananda Covre da Silva
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Agronomia
Londrina – PR
https://orcid.org/0000-0002-5933-8861

Helio Fernandes Ibanhes Neto
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Agronomia
Londrina – PR
https://orcid.org/0000-0003-2153-9649

Marjori dos Santos Gouveia
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Agronomia
Londrina – PR
https://orcid.org/0000-0001-8575-735X

Ricardo Tadeu de Faria
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Agronomia
Londrina – PR
https://orcid.org/0000-0002-7595-1965

André Luiz Martinez de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Bioquímica e Biotecnologia
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/1885766127325722

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com microrganismos promotores de crescimento no desenvolvimento de gérbera envasada. Os tratamentos foram: T1: água (testemunha); T2: *Streptomyces* sp.; T3: *Bacillus* sp.; T4: Adubação química. Para a adubação química foi utilizado o N:P:K (13-13-15/ 1 aplicação) na dose de 1 g/L de água destilada. Quatorze dias após a inoculação, avaliou-se o número de folhas, número de raízes, comprimento da parte aérea, comprimento da parte radicular, volume da raiz, massa fresca da parte aérea, massa fresca radicular, massa seca da parte aérea, massa seca radicular e a massa seca total. Com a aplicação do microrganismo do gênero *Bacillus* sp. foi possível observar um incremento no volume e na massa fresca das raízes, quando comparado com os demais tratamentos.
PALAVRAS-CHAVE: *Gerbera jamesonii*; nutrição; fertilização.

EFFECT OF GROWTH-PROMOTING MICRO-ORGANISMS ON THE DEVELOPMENT OF GERBERA IN POT

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of inoculation with growth-promoting microorganisms on the development of potted gerbera. The treatments were: T1: water (control); T2: *Streptomyces* sp.; T3: *Bacillus* sp.; T4: Chemical fertilization. For chemical fertilization, N: P: K (13-13-15 /1 application) was used in the dose of 1 g/L of distilled water. Fourteen days after inoculation, the number of leaves, number of roots, length of the aerial part, length of the root part, volume of the root, fresh

mass of the aerial part, fresh mass of the aerial part, dry mass of the aerial part, dry mass were evaluated root and the total dry mass. With the application of the microorganism of the genus *Bacillus* sp. it was possible to observe an increase in the volume and fresh mass of the roots, when compared with the other treatments.
KEYWORDS: *Gerbera jamesonii*; nutrition; fertilizing.

1 | INTRODUÇÃO

A floricultura vem se tornando um ramo essencial na agricultura, sendo caracterizada como uma atividade agrícola em expansão, os produtos comercializados são diversos, desde flores envasadas até plantas voltadas ao paisagismo (GIRARDI et al., 2016; MENEGAES et al., 2015).

A gérbera é uma importante espécie de flor ornamental originária da África, e que possui uma grande variedade de coloração e formatos (CARDOSO & IMTHURN, 2018; BASHANDY et al., 2015). Sua produção é voltada a flor de corte e como flor envasada, estando entre as flores ornamentais mais comercializadas no mercado (MENEGAES et al., 2015; SULZBACH et al., 2015).

As adubações normalmente são realizadas com produtos químicos baseando-se em literaturas, sendo pouco específicas para uma determinada espécie de planta, tipo de solo ou região (COSTA, 2012). No cultivo orgânico tem-se utilizado microrganismos benéficos que promovem a otimização no desenvolvimento das plantas, são os denominados microrganismos promotores de crescimento das plantas (PGPR), tornando-se uma alternativa promissora e de grande interesse em pesquisas para ser formulados como produtos comerciais (MISHRA & SUNDARI 2013; REDDY 2013; WALIA et al. 2013). Alguns desses microrganismos podem atuar como biofertilizantes, sendo capazes de colonizar a superfície das raízes, fazendo com que os nutrientes sejam absorvidos com mais eficiência, aumentando a tolerância a estresses bióticos e abióticos, promovendo o controle biológico e reduzindo em até 50% a utilização de adubos químicos (BABALOLA 2010; PEREG & MCMILLAN 2015; SUMAN et al. 2016).

As bactérias do gênero *Bacillus* possuem capacidade de sintetizar uma ampla gama de substâncias que são benéficas para o crescimento das plantas, como a auxina (AIA), giberelinas, citocininas, antibióticos, sideróforos, enzimas hidrolíticas além de capacidade de fixação de nitrogênio (N) e a solubilização de fosfato (PO_4^{3-}) e potássio (K) (GROBELAK et al., 2015; HUANG et al., 2014; MUDAY et al., 2012; PII et al., 2015).

Streptomyces são bactérias gram-positivas, aeróbias, pertencentes à família das Streptomycetaceae, algumas espécies estão presentes como PGPR, pois possuem como característica a produção de auxina (AIA) (SALLA et al. 2014), de proteases extracelulares (PALANIYANDI et al. 2013b), de antibióticos (PALANIYANDI et al. 2013a), compostos orgânicos voláteis (VOC) (LI et al. 2012; WANG et al. 2013), sideróforos e capacidade de solubilização de fosfato (OLIVEIRA et al. 2010).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com microrganismos promotores de crescimento no desenvolvimento de gérbera envasada.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no campus da Universidade Estadual de Londrina durante os meses de fevereiro a abril de 2020. Utilizou-se mudas de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) híbrido Festival, com altura média de 14,9 cm ± 1 cm e com comprimento de raízes com 19,3 ± 1,5 cm, pertencentes à série Light Eyed da empresa Sakata Seed Sudamérica (Sakata®), adquiridas da Floricultura Úrsula localizada na cidade de Nova Petrópolis/RS. As mudas foram aclimatadas durante sete dias e após esse período transplantadas para vasos P11 com substrato Carolina Soil que apresenta baixa densidade, os vasos foram mantidos em bancada suspensa em casa de vegetação sombreada com cobertura plástica.

Os tratamentos foram compostos pela inoculação dos microrganismos *Bacillus* sp. e *Streptomyces* sp.que são componentes da coleção da Universidade Estadual de Londrina e promotores de crescimento, por terem sua composição líquida, seu preparo foi feito diluído em água destilada com uma proporção de $1x10^7$ células/mL, sendo homogeneizado e aplicados 50 mL das soluções por vaso. Sendo os tratamentos, T1: água (testemunha); T2: *Streptomyces* sp.; T3: *Bacillus* sp.; T4: Adubação química. Para a adubação química foi utilizado o N:P:K (13-13-15) na dose de 1 g/L de água destilada, sendo aplicados 50 mL das soluções por vaso. As regas foram realizadas uma vez ao dia durante o período mais fresco do dia e a aplicação dos tratamentos no dia 31/03/2020, realizados em dose única durante o período da manhã. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, contendo doze repetições por tratamento.

Quatorze dias após a inoculação, as variáveis analisadas foram: número de folhas (NF), número de raízes (NR), comprimento da parte aérea (CA), comprimento da parte radicular (CR), volume da raiz (VR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca radicular (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR) e a massa seca total (MSTOTAL).

Os dados obtidos com a avaliação das plantas foram submetidos à análise de variância, seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do software SISVAR.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no teste de médias de Tukey a 5% para as variáveis número de folhas, número de raízes e comprimento radicular não diferenciaram-se entre si. Observou-se que para o comprimento da parte aérea houve uma diferença estatística com a aplicação da adubação química em relação ao tratamento controle, porém não diferindo dos demais

tratamentos. Com relação ao volume radicular o tratamento com a inoculação com o microrganismo Bacillus sp. foi estatisticamente superior aos demais tratamentos (Tabela 1).

Tratamentos	**NF**	**NR**	**CA (cm)**	**CR (cm)**	**VR (mL)**
Água	19,0 a	14,5 a	13,45 b	23,89 a	10,7 b
***Streptomyces* sp.**	14,5 b	11,4 a	15,94 a	24,86 a	15,8 ab
***Bacillus* sp.**	17,9 ab	13,2 a	15,26 ab	21,38 a	19,7 a
Adubação química**	17,1 ab	12,8 a	16,49 a	23,28 a	15,0 ab
Qmres	13,341	6,725	3,084	21,109	27,438
CV (%)	21,33	19,99	11,49	19,67	34,24

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Adubação química – produto comercial N:P:K (13-13-15), 1g/L de água destilada dose única.

Tabela 1. Número de folhas (NF), número de raízes (NR), comprimento da parte aérea (CA), comprimento radicular (CR) e volume das raízes (VR) em gérberas inoculadas com microrganismos promotores de crescimento, após dois meses do início do experimento. Londrina/PR, 2020.

Para a variável massa fresca das raízes o tratamento utilizando *Bacillus* sp. foi superior aos demais tratamentos, sendo que para as características massas secas da parte aérea e radicular e massa seca total não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 2).

Tratamentos	**MFR (g)**	**MFPA (g)**	**MSR (g)**	**MSPA (g)**	**MSTOTAL (g)**
Água	11,51 b	13,65 a	2,09 a	1,84 a	3,93 a
***Streptomyces* sp.**	17,25 ab	14,31 a	2,47 a	1,93 a	4,47 a
***Bacillus* sp.**	18,22 a	14,73 a	2,86 a	2,00 a	4,98 a
Adubação química**	14,66 ab	14,52 a	1,58 a	1,89 a	3,45 a
Qmres	24,833	9,709	1,4829	0,241	2,472
CV (%)	32,33	21,78	54,01	25,59	37,34

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Adubação química – produto comercial N:P:K (13-13-15), 1g/L de água destilada dose única.

Tabela 2. Matéria fresca radicular (MFR), massa fresca parte aérea (MFPA), massa seca radicular (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MSTOTAL) em gérberas inoculadas com microrganismos promotores de crescimento, após dois meses do início do experimento. Londrina/PR, 2020.

Segundo Matsumura et al. (2015) a resposta da inoculação pode variar de acordo com o genótipo da planta, estirpe bacteriana, condições ambientais, práticas agrícolas, bem como com a quantidade e qualidade das células de bactérias promotoras do crescimento

utilizadas como inoculante.

Violante e Portugal (2007) obtiveram uma melhora do sistema radicular de plantas de tomate com a inoculação de *B. subtilis*. Entre os microrganismos escolhidos, os endófitos apresentaram os maiores valores de AIA e acumularam o maior número de fatores indiretos de promoção do crescimento das plantas. As rizobactérias apresentam bons resultados na solubilização do fosfato, que, em conjunto com a fixação de nitrogênio, são considerados os mais importantes fatores de promoção do crescimento das plantas (GAIERO et al. 2013).

4 | CONCLUSÃO

A inoculação com o microrganismo *Bacillus* sp. promoveu um aumento no volume e na massa fresca das raízes no cultivo de gérberas em vaso, sendo que para as demais variáveis avaliadas não foram observadas diferenças.

REFERÊNCIAS

BABALOLA, O. O. **Beneficial bacteria of agricultural importance**. Biotechnology Letters, v. 32, n. 11, p. 1559-1570, 2010.

BASHANDY, H.; PIETIÄINEN, M.; CARVALHO, E.; LIM, K. J.; ELOMAA, P.; MARTENS, S.; & TEERI, T. H. **Anthocyanin biosynthesis in gerbera cultivar 'Estelle'and its acyanic sport 'Ivory'**. Planta, v. 242, n. 3, p. 601-611, 2015.

CARDOSO, J.C.; IMTHURN, A.C.P. **Easy and efficient chemical sterilization of the culture medium for *in vitro* growth of gerbera using chlorine dioxide (ClO_2).** Ornamental Horticulture, v.24, n.3, p.218-224, 2018.

COSTA, A.C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção de pitaya vermelha.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras – UFLA, 69 p., 2012.

GAIERO, J.R.; MCCALL, C.A.; THOMPSON, K.A.; DAY, N.J.; BEST, A.S. DUNFELD, KE. **Inside the root microbiome: bacterial root endophytes**. American Journal of Botany, v. 100, n. 9, p. 1738-1750, 2013.

GIRARDI, L.B.; PEITER, X.P.; BELLÉ, R.A.; ROBAINA A.D.; TORRES R.R.; KIRCHNER, J.H.; BEN, L.H.B. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alstroemeria (*Alstroemeria* x hybrida) cultivada em estufa**. Revista Irriga, v.21, n.4, p.817-829, 2016.

GROBELAK, A.; NAPORA, A.; KACPRZAK, M. **Using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to improve plant growth**. Ecological Engineering, USA, v. 84, p. 22- 28, 2015.

HUANG, X. F.; CHAPARRO, J. M.; REARDON, K. F.; ZHANG, R.; SHEN, Q.; VIVANCO, J. M. **Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities**. Botany, Canadian, v. 92, p. 267-275, 2014.

LI, Q.; NING, P.; ZHENG, L.; HUANG, J.; LI, G.; HSIANG, T. **Effects of volatile substances of *Streptomyces globisporus* JK-1 on control of *Botrytis cinerea* on tomato fruit.** Biological Control, v. 61, n. 2, p.113-120, 2012.

MATSUMURA, E. E., SECCO, V. A., MOREIRA, R. S., SANTOS, O. J. P., HUNGRIA, M. E OLIVEIRA, A. L. M. **Composition and activity of endophytic bacterial communities in field-grown maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense*.** Annals of Microbiology, v. 65, n. 4, p. 2187-2200, 2015.

MENEGAES, J.; BACKES, F.; BELLÉ, R.; BACKES, R. **Diagnóstico do mercado varejista de flores de Santa Maria, RS.** Ornamental Horticulture, v.21, n.3, p.291-298, 2015.

MISHRA, N.; SUNDARI, K. S. **Native PGPMs as bioinoculants to promote plant growth: response to PGPM inoculation in principal grain and pulse crops**. International Journal of Agriculture Food Science & Technology, v. 4, n. 10, p. 1055-1064, 2013.

MUDAY, G. K.; RAHMAN, A.; BINDER, B. M. **Auxin and ethylene: collaborators or competitors?** Trends in Plant Science, Cambridge, v. 17, p. 181-195, 2012.

OLIVEIRA, M.F. de; SILVA, M.G. da; VAN DER SAND, S.T. **Anti-phytopathogen potential of endophytic actinobacteria isolated from tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) in southern Brazil, and characterization of *Streptomyces* sp. R18(6), a potential biocontrol agent**. Research in Microbiology, v. 161, ed. 7, p. 565–572, 2010.

PALANIYANDI, S. A.; YANG, S. H.; ZHANG, L.; SUH, J. W. **Effects of actinobacteria on plant disease suppression and growth promotion.** Applied Microbiology and Biotechnology, v. 97, n.22, p.9621–9636, 2013.

PALANIYANDI, S.A.; YANG, S.H. & SUH, J.W. **Extracellular proteases from *Streptomyces phaeopurpureus* ExPro138 inhibit spore adhesion, germination and appressorium formation in *Colletotrichum coccodes*.** Journal of Applied Microbiology, v. 115, n.1, p.207–217, 2013.

PEREG, L.; MCMILLAN, M. **Scoping the potential uses of beneficial microorganisms for increasing productivity in cotton cropping systems.** Soil Biology and Biochemistry, v. 80, n. 1, p. 349-358, 2015.

PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASI, N.; TERZANO, R.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. **Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process: a review.** Biology and Fertility of Soils, Italy, v. 51, p. 403- 415, 2015.

REDDY, P.P. **Recent advances in crop protection**, 2013.

SALLA, T.D.; DA SILVA, T.R.; ASTARITA, L.V.; & SANTARÉM, E.R. ***Streptomyces* rhizobacteria modulate the secondary metabolism of *Eucalyptus* plants.** Plant Physiology and Biochemistry, v. 85, p.14–20, 2014.

SULZBACH, M.; OTT, R.; SCHAFER, G.; OTT, A. P. **Abundance and seasonality of two-spotted spider mite on gerbera cultivars.** Ciência Rural, v.45, n.4, p.578-584, 2015.

SUMAN, A.; YADAV, A. N.; VERMA, P. **Endophytic microbes in crops: diversity and beneficial impact for sustainable agriculture**. *In*: SINGH, D. P.; SINGH, H. B.; PRABHA, R. Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity. Maunath Bhanjan: Springer, 2016. p. 117-143.

VIOLANTE, H. G. M.; PORTUGAL, V. O. **Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs.** Scientia Horticulturae, v. 113. p. 103-106. 2007.

WALIA, A.; Mehta, P., Chauhan, A., & Shirkot, C.K. **Antagonistic activity of plant growth promoting rhizobacteria isolated from tomato rhizosphere against soil borne fungal plant pathogens.** International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, v. 6, n. 4, p. 571-580, 2013.

WANG, HA.; NIE, L.; LI, J.; WANG, Y.; WANG, G.; WANG, J. & HAO, J. **Characterization and assessment of volatile organic compounds (VOCs) emissions from typical industries**. Chinese Science Bulletin, v. 58, n. 7, 2013.

CAPÍTULO 10

VALIDAÇÃO DE TÉCNICAS DE INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PARA A CULTURA DA SOJA NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO (ARAÇU-GO)

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Ana Carolina de Souza Fleury Curado
Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária – EMATER. Laboratório de Entomologia e Controle Biológico
Goiânia – Goiás
http://lattes.cnpq.br/3485416467697147

Taís Ferreira de Almeida
Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária – EMATER. Laboratório de Fitopatologia e Sementes
Goiânia – Goiás
http://lattes.cnpq.br/3659742393935644

Edgar Luiz de Lima
Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/4212442195307082

Cláudia Barbosa Pimenta
Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária – EMATER. Gerência de Pesquisa Agropecuária
Goiânia – Goiás
http://lattes.cnpq.br/5213757109230063

RESUMO: Associações entre as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* com as bactérias do gênero *Azospirillum*, até então conhecidas por promoverem o crescimento de gramíneas, estão sendo utilizadas no plantio comercial de soja (*Glycine max*) em busca de maior produtividade. A coinoculação dessas culturas de bactérias proporciona benefícios, como o aumento da área radicular, o que possibilita maior aproveitamento de fertilizantes e nutrientes do solo, favorecendo a planta em situações de estresse hídrico; incremento da produtividade; maior vigor das plantas e equilíbrio nutricional. A EMATER realizou um ensaio para verificar a eficiência da técnica de coinoculação em soja. Na safra 2019/20, o ensaio foi instalado em área da EMATER (Estação Experimental de Araçu-GO) com a cultivar BRSGO 7858 RR. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta agronômica da cultura da soja às técnicas de inoculação e coinoculação por medições de algumas variáveis morfométricas, a produtividade (kg/ha) e o peso de mil grãos. O tratamento de coinoculação apresentou resultados significativos estatisticamente para as medições de comprimento de parte aérea, peso e densidade da raiz; enquanto os outros parâmetros analisados não tiveram resultados significativos estatisticamente para o tratamento.
PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum*; *Bradyrhizobium*; *Glycine max*; produtividade.

VALIDATION OF INOCULATION AND COINOCULATION TECHNIQUES OF BACTERIA FOR SOYBEAN CULTIVATION IN BRAZILIAN MIDWEST (ARAÇU-GO)

ABSTRACT: Associations between bacteria of the genus Bradyrhizobium and bacteria of the genus Azospirillum, until then known to promote the growth of grasses, are being used

in commercial soybean planting (Glycine max) with the objective of greater productivity. The co-oculation of these bacterial cultures provides benefits, such as increased root area, which allows greater use of fertilizers and soil nutrients, favoring the plant in situations of water stress; increased productivity; greater plant vigor and nutritional balance. EMATER carried out a test to verify the efficiency of the co-inoculation technique in soybean. In the 2019/20 harvest, the trial was installed in an area of EMATER (Experimental Station of Araçu-GO) with the grow crops BRSGO 7858 RR. The objective of the present work was to evaluate the agronomic response of soybean crop to inoculation and co-inoculation techniques by measuring some morphometric variables, yield (kg/ha) and weight of a thousand grains. The coinoculation treatment showed statistically significant results for measurements of shoot length, weight and root density; while the other parameters analyzed did not have statistically significant results for the treatment.
KEYWORDS: *Azospirillum; Bradyrhizobium; Glycine max*; productivity.

INTRODUÇÃO

As plantas obtêm nutrientes minerais disponíveis na água, no ar e no solo para suprir suas necessidades biológicas e funcionais, ficando esses elementos associados ao crescimento, reprodução, uso e armazenamento de energia pelas plantas. Um desses nutrientes, o nitrogênio, é um componente proteico e está presente em moléculas como DNA, RNA e outras estruturas celulares.

Como as plantas não conseguem metabolizar o nitrogênio (N) de forma a retirá-lo diretamente do ar, então seu ciclo de fixação converte a forma gasosa (presente no ar) em amônia solúvel em água, para então ser incorporado à planta de forma orgânica (em aminoácidos). Essa fixação pode ser feita de diferentes formas, como: pela decomposição de matéria orgânica do solo, pelo uso de fertilizantes nitrogenados e pela fixação biológica, feita por bactérias em associação simbiótica com as raízes de plantas leguminosas. As bactérias fixadoras penetram e se proliferam no interior das células das raízes dessas plantas, estimulando a multiplicação das células infectadas, o que leva o desenvolvimento de tumores conhecidos como “nódulos” (Hungria *et al.*, 2001). As bactérias mais utilizadas para essa associação são do gênero *Bradyrhizobium*. Essa produção de nitrogênio proporciona que o nutriente esteja disponível no solo para a cultura em sucessão. Além disso, a fixação biológica supre a adubação mineral.

Do ponto de vista agrícola, a deficiência do nutriente causa atrofia das plantas, o que influi diretamente na produtividade. Pesquisas em biotecnologia isolaram bactérias com alta capacidade de fixação de nitrogênio, para serem posteriormente comercializadas, conhecidas como “inoculantes”. Estão disponíveis comercialmente gêneros de bactérias fixadoras de nitrogênio e também de bactérias associativas promotoras do crescimento de plantas (RCPs). Essas bactérias são aplicadas sobre as sementes, anteriormente ao plantio ou via sulco, e promovem o crescimento das plantas ao induzirem a produção de

hormônios (como auxinas, giberelinas e citocininas), melhor fixação do nitrogênio total, potencializam a nodulação e induzem a resistência à doenças, o que significa, na prática, incremento na produção (Costa *et al.*, 2014; Gitti, 2015, Braccini *et al.*, 2016). Pesquisas mais recentes com o cultivo de soja (Bárbaro *et al.*, 2009; Braccini *et al.*, 2016; Daliolo *et al.*, 2018; Filho *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2019), associaram as conhecidas bactérias do gênero *Bradyrhizobium* com as bactérias do gênero *Azospirillum*, até então conhecidas por promoverem o crescimento de gramíneas, para avaliar as respostas da cultura às diferentes formas de inoculação.

A coinoculação dessas duas culturas de bactérias proporciona benefícios como o aumento da área radicular pelo incremento de raízes laterais (Burdmann *et al.*, 2000), o que possibilita maior aproveitamento de fertilizantes e nutrientes do solo, favorecendo a planta em situações de estresse hídrico; incremento da produtividade; maior vigor das plantas e equilíbrio nutricional.

O maior desenvolvimento radicular com *Azospirillum* também resulta em maior nodulação e, consequente maior fixação biológica do nitrogênio tanto para o solo, quanto para as plantas. Apesar de conhecidos os efeitos de cada um dos gêneros de bactérias utilizados isoladamente, e de bons resultados da sua associação, a combinação das bactérias pode ter respostas indesejadas, até mesmo pela inibição da nodulação, a depender do nível de concentração das culturas de bactérias no produto inoculante e do tipo de inoculação feito (Bárbaro *et al.*, 2008; Dalolio *et al.*, 2018).

Pesquisadores da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária – EMATER em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Arroz e Feijão, realizaram um ensaio para verificar a eficiência da técnica de coinoculação. Na safra 2019/20, o ensaio foi instalado em área de 14 hectares na Estação Experimental de Araçu-GO (EMATER), com a cultivar BRSGO 7858 RR. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta agronômica da cultura da soja às técnicas de inoculação e coinoculação pela medição de algumas variáveis morfométricas, a produtividade (kg/ha) e o peso de mil grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental foi conduzido no município goiano de Araçu, região central do Estado de Goiás, em uma das estações experimentais da EMATER. Foi utilizada uma área de 14 hectares (separadas em 2 curvas de nível), durante a safra 2019/20. Foram utilizadas sementes da cultivar BRSGO 7858 RR com germinação de 76%, variedade de ciclo médio de 122 dias e altura média de 85 cm.

Anteriormente ao plantio, as sementes passaram por tratamento antifúngico, e logo em seguida foram tratadas com os inoculantes, ambos de acordo com as recomendações dos fabricantes (mL/ha). Para o tratamento de inoculação padrão (IP)

foram utilizados somente o produto fungicida anteriormente e o inoculante líquido de bactérias *Bradyrhizobium japonicum* ($5x10^9$ Unidades Formadoras de Colônias/mL)*;* para o tratamento de coinoculação (CI), foi utilizado em conjunto com os produtos anteriormente mencionados o inoculante líquido de bactérias *Azospirillum brasiliense* ($2x10^8$ Unidades Formadoras de Colônias/mL). Foi executada a técnica de plantio direto, tendo a área sido utilizada em safra anterior para o cultivo de milho e soja. Juntamente com a semeadura foi realizada a adubação de plantio, de acordo com o recomendado pela análise de solo. Os tratamentos fitossanitários (fungicidas, inseticidas e herbicidas) foram feitos após 40 e 60 dias da semeadura, de acordo com as necessidades apresentadas pela cultura, não tendo sido feitos em conjunto.

As avaliações das variáveis morfométricas foram feitas após 50 dias da semeadura, a partir das medições de 30 plantas escolhidas aleatoriamente dentre as 2 curvas de nível plantadas. Foram medidos: comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), peso de parte aérea úmida (PU), peso de raiz úmida (PRU), densidade da raiz (cm^3 - DR), quantidade de vagens (QV) e peso de raiz seca (PRS), quantidade de nós (QN) e comprimento da inserção da primeira vagem (PV).

A avaliação da produção foi determinada pós colheita, quando as plantas atingiram maturação completa, sendo estimada a produtividade kg/ha a partir do peso de mil grãos. Para a análise estatística dos dados, utilizamos o Teste T para amostras independentes em associação com modelos lineares e distribuição de probabilidade de Poisson nos casos em que as variâncias não estavam homogêneas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento de coinoculação apresentou resultados significativos estatisticamente para as medições de comprimento de parte aérea, peso e densidade da raiz; enquanto os outros parâmetros analisados não tiveram resultados significativos estatisticamente para o tratamento (Tabela 1).

Tratamentos	Parâmetros morfométricos									
	CPA		PU		QV		QN		PV	
	Média	E.P	Média	E.P	Média	E.P	Média	E.P	Média	E.P
IP	55,13	3,58	41,40	17,83	18,33	2,05	5,26	4,55	10,46	3,02
CI	58,26	4,97	58,13	33,64	18,73	1,66	1,2	1,74	9,16	1,85
Est.	52,03 (T)		-1,70(T)		-0,58 (Z)		5,66 (Z)		1,42 (T)	
G.L.	28		28		28		28		28	
P	0,057*		$0,100^{NS}$		$0,563^{NS}$		<0.0001*		$0,167^{NS}$	

Tratamentos	Parâmetros morfométricos									
	CR		DR		PU		PRU		PRS	
	Média	E.P	Média	E.P	Média	E.P	Média	E.P	Média	E.P
IP	18,88	4,5	11,33	6,93	41,40	17,83	6,54	2,31	2,50	1,04
CI	20,53	6,72	18,33	10,96	58,13	33,64	11,15	5,42	4,26	2,16
Est.	13,88 (T)		-2,09 (T)		-1,70 (T)		2,31(Z)		-2,82(T)	
G.L.	28		28		28		5,42		28	
P	$0{,}414^{NS}$		0,459*		$0{,}1000^{NS}$		<0,0001*		0,008*	

Tabela 1**.** Estatística para as variáveis morfométricas observadas: Testes T em modelos lineares e lineares generalizados para os tratamentos de inoculação padrão e coinoculação.

Os dados de CPA, CR, DR, PU, PRS, QS e PV apresentaram homogeneidade de variâncias e por isso foi utilizado o Teste T em um modelo linear simples. Em relação aos dados de PRU, QN e QV, tivemos dados heterogêneos, por isso precisamos utilizar um modelo linear generalizado com distribuição de Poisson.

Somente os parâmetros CPA, PRU, PRS, QV, DR e QN se mostraram significativas estatisticamente. Restringindo a discussão a esses dados, pode-se inferir que houve um maior crescimento das plantas com o uso da técnica de coinoculação, além de um maior crescimento e desenvolvimento das raízes. Este fato pode estar relacionado ao uso de *Azospirilum* visto que a utilização dessa bactéria costuma promover o desenvolvimento das plantas por diferentes processos, incluindo a indução da produção de hormônios de crescimento, corroborando com os resultados observados por Gitti (2015) e Bárbaro *et al*., (2011).

A resposta aos tratamentos de inoculação nas sementes é maior em áreas de primeiro cultivo, porque em alguns casos as populações de *Bradyrhizobium* já estão estabelecidas e suficientes, o que causa competitividade para infectar as novas plantas em desenvolvimento, o que pode explicar a baixa nodulação observada (Campos & Gnatta, 2006; Pavanelli & Araújo, 2009). Além disso, tratamentos químicos de sementes, como fungicidas e inseticidas, podem ser prejudiciais às colônias de bactérias presentes nos inoculantes, o que pode ocasionar uma diminuição na ação das mesmas (CAMPO *et al*., 2009; Braccini *et al*., 2016).

O peso de mil grãos para o tratamento de inoculação padrão foi de 99,12g, com produtividade estimada em 20,98 sacas.ha^{-1} e o tratamento da coinoculação de 117,85g com produtividade estimada de 25,53 sacas.ha^{-1}. Os resultados permitem concluir que o grão produzido na área com coinoculação apresenta qualidade superior quando comparado ao grão produzido na área com inoculação padrão, visto o incremento de aproximadamente 20% no peso de 1000 grãos.

Entretanto, a baixa produtiva pode estar associada às condições climáticas da região, que durante o período da safra sofreu com longos períodos de estiagem, o que

causou atraso na germinação e em todo o ciclo das plantas. Para situações semelhantes, com solos secos e quentes, é recomendada a aplicação do produto via sulco de semeadura (Ramos & Ribeiro, 1993), mesmo assim, houve um aumento de aproximadamente 25% de produção na área tratada com a combinação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*.

Esse resultado, demonstra que o sistema radicular bem desenvolvido realmente possibilita à planta maior capacidade de sobrevivência em condições adversas, permitindo que a planta produza mesmo em condições desfavoráveis. Ressaltamos que ainda há a necessidade de mais estudos sobre o assunto para o aprimoramento da técnica, uma vez que o uso da coinoculação apresenta potencial para cultura da soja ao minimizar o uso da adubação química e aumentar da produtividade, como vem sendo discutido em outros estudos da área.

CONCLUSÃO

A técnica de coinoculação atua de forma positiva na cultura da soja, com principal incremento no desenvolvimento radicular e de parte aérea. O uso da coinoculação também proporciona incremento da produtividade da cultura da soja.

REFERÊNCIAS

BÁRBARO, I.M.; MACHADO, P.C.; JUNIOR, L.S.B.; TICELI, M.; MIGUEL, F.B.; SILVA, J.A.A. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e coinoculação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, SP. v. 5, n.1, p. 01-07, 2009. DOI: 10.5747/ca.2009.v05.n1.a0040. Disponível em: https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/372/510. Acesso em: abril de 2021.

COSTA, E.M.; CARVALHO, F.; ESTEVES, J.A.; NÓBREGA, R.S.A.; MOREIRA, F.M.S. Resposta da soja a inoculação e coinoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, GO. v.10, n.19; p. 1678-1689, 2014. Disponível em: http://conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/resposta%20da%20soja%20a%20 inoculacao.pdf. Acesso em: abril de 2021.

GITTI, D. C. Inoculação e coinoculação na cultura da soja. In: LOURENÇÃO, A. L. F. **Tecnologia e Produção: Soja 2014/2015**. Curitiba, PR: Midiograf, 2015. cap.1, p. 15-28.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A; ARAUJO, R.S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: Reunião De Pesquisa De Soja Da Região Central Do Brasil, 33, 2013, Londrina, **Resumos** [...], p. 151-153. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88704/1/Tecnologia-de-coinoculacao-da-soja-com-Bradyrhizobium-e-Azospirillum-incrementos-no-rendimento-com-sustentabilidade-e-baixo-custo.pdf. Acesso em: abril de 2021.

HUNGRIA, M. CAMPO, R. J., MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina, PR: Embrapa Soja. Circular Técnica, n. 35. ISSN: 1516-7860. 2001.

BURDMANN, S.; HAMAOUI, B.; OKON, Y. Improvement of legume crop yields by co-inoculation with *Azospirillum* and *Rhizobium*. **The Otto Warburg Center for Agricultural Biotechnology**. Israel, 2000.

CAMPOS, B. H. C.; GNATTA, V. Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG. v. 30, n.1, p. 69-76, 2006.

PAVANELLI, L. E; ARAÚJO, F. F. Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais no oeste paulista. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG. v. 25, n.1, p. 21-29, 2009.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v. 48, p.154-163, 2009.

RAMOS, M. L. G.; RIBEIRO, W. Q. Effect of fungicides on survival of Rhizobium on seeds and the nodulation of bean (Phaseolus vulgaris L.). **Plant Soil**, v.152, p.145-150, 1993.

DALOLIO, R. S., BORIN, E., CRUZ, R., M., S.; ALBERTON, O. Coinoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences, Umuarama**, v.7, n.2, p.1-7, 2018.

FILHO, J., M.; SILVA, C., H., S.; SOUZA, J., E., B. Desempenho agronômico e produtividade da cultura da soja com a coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasiliense.* **Ipê Agronomic Journal,** v.2, n.2, p. 48-59, 2018.

OLIVEIRA, L., B., G.; FILHO, M., C., M., T.; GALINDO, F., S.; NOGUEIRA, T., A., R.; NETO, M., B.; BUZETTI, S. Formas e tipos de coinoculação na cultura da soja no Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.4, p.924-932, 2019.

CAPÍTULO 11

EFEITOS DA INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE MILHO

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 11/11/2021

Endrio Rodrigo Webers
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Viçosa - MG
http://lattes.cnpq.br/9258482506177833

Emerson Saueressig Finken
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Canarana - MT
http://lattes.cnpq.br/1381106716698636

Mauricio Vicente Alves
Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)
Joaçaba - SC
http://lattes.cnpq.br/7223566036366360

Divanilde Guerra
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/9759850350175482

Robson Evaldo Gehlen Bohrer
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/3842686753056199

Danni Maisa da Silva
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/2971607375965625

Mastrangello Enivar Lanzanova
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/9256571296288965

Luciane Sippert Lanzanova
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/0010806287467881

Marciel Redin
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/7912908707815307

Eduardo Lorensi de Souza
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/2959552862063583

RESUMO: A adubação nitrogenada através de fertilizantes químicos é o que mais onera os custos de adubação na produção de milho, as bactérias diazotróficas vem sendo amplamente estudadas se buscando métodos eficiente de inoculação e coinoculação para a substituição dos fertilizantes químicos. O objetivo do trabalho foi avaliar as características produtivas na cultura do milho em função da inoculação e coincoculação com as bactérias diazotróficas, *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em diferentes épocas na cultura do milho. Catorze tratamentos foram avaliados,

associando inoculação, coinoculação e épocas de aplicação dos inoculantes sobre o solo, foi avaliado o diâmetro de colmo, altura de planta, número de espigas, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos, produtividade de grãos e massa de mil grãos. Não foram observadas diferenças significativas entre todos os tratamentos. Conclui-se que a inoculação e coincoulado com as bactérias diazotróficas, *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* tanto aplicadas antecipado ou na semeadura do milho em solo com teor médio de matéria orgânica e boa disponibilidade hídrica, não afeta o desenvolvimento e produção da cultura do milho.
PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*. *Bradyrhizobium japonicum*. *Azospirillum brasilense.* Nitrogênio. Produtividade.

EFFECTS OF INOCULATION AND CO-INOCULATION OF DIAZOTROPHIC BACTERIA ON THE DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF CORN

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the productive characteristics in the mayze crop in response to inoculation and co-inculcation with the diazotrophic bacteria, *Bradyrhizobium japonicum*, and *Azospirillum brasilense* at different times. Fourteen treatments were evaluated, associating inoculation, with co-inoculation and application times of inoculants, stalk thickness, plant height, number of ears, ear length, ear diameter, number of grain rows, grain yield, and thousand-grain mass. Statistical analysis showed that there were no significant differences between all treatments. The results were influenced by climatic and edaphic factors. The yield of mayze did not differ due to the inoculation and co-inoculation with the diazotrophic bacteria, *B. japonicum*, and *A. brasilense* anticipating the sowing, about chemical fertilization (NPK) and control in soils with high average organic matter and average water regimes required for the crop.
KEYWORDS: *Zea mays. Bradyrhizobium japonicum. Azospirillum brasilense*, Nitrogen. Yield.

1 | INTRODUÇÃO

O fornecimento do N via fertilizantes químicos no milho é o que mais onera os custos de adubação, sendo o principal fator responsável pelo alto custo de produção da cultura (PANDOLFO *et al*., 2015). Este nutriente pode ingressar no sistema solo-planta pela decomposição da matéria orgânica, deposições atmosféricas, fixação biológica e pela adubação (GITTI *et al*., 2013).

A constante inovação no setor agropecuário tem aumentado o interesse pelo uso de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento de plantas, no intuito de suprir, ao menos em parte, a necessidade de fertilizantes nitrogenados. As bactérias diazotróficas ou bactérias promotoras de crescimento são microrganismos que apresentam capacidade de colonizar as plantas e contribuem principalmente com a nutrição nitrogenada a partir da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (SILVA *et al*., 2017; HUNGRIA, 2011).

O método de suprimento de N para as plantas de milho através de bactérias diazotróficas vem sendo estudado com maior intensidade nos últimos anos. O inoculante, pode ocorrer via inoculação das sementes, no sulco de semeadura e via foliar. No Brasil, a

maioria das pesquisas tem sido realizada via inoculação das sementes. Conforme Hungria (2011), o maior desafio na inoculação com *Azospirillum* via inoculação das sementes se dá pela incompatibilidade com fungicidas e outros produtos usados no tratamento de sementes. Uma alternativa tem sido a aplicação do inoculante via foliar ou por sulco de semeadura, no entanto, estas modalidades de aplicação não proporcionaram resultados significativos a cultura (MÜLLER *et al*., 2012; KAPPES *et al*., 2017 . Quando avaliado a inoculação de sementes em milho com *Azospirillum*, os mesmos mostraram aumentos de rendimento de grãos de, aproximadamente, 24% a 30% em relação ao controle não inoculado (EMBRAPA, 2015). Em estudo realizado por Bárbaro-Torneli *et al*. (2018), com a coinoculação através de pulverização direcionada ao solo em estádio de desenvolvimento do milho em V3/V4, com o *Azospirillum* e *Bradyrhizobium*, se mostrou eficiente. Ainda, a coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* pode melhorar o desempenho das culturas, como na soja, onde os benefícios da coinoculação já são conhecidos (NOGUEIRA *et al*., 2018).

No entanto, são escassos os resultados na literatura sobre a aplicação destes inoculantes no solo anteriormente à semeadura das culturas e de forma coinoculada no milho. A aplicação antecipada das bactérias diazotróficas pode favorecer o ambiente para a posterior semeadura do milho, uma vez que, estas poderão se multiplicando no solo anteriormente à semeadura. As bactérias diazotróficas existem naturalmente na maioria dos solos, no entanto, apresentam ampla diversidade genética, e para a sua utilização como inoculante em culturas agrícolas faz-se necessária a seleção de estirpes eficientes para este fim (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). O sucesso da inoculação de *Azospirillum* a campo depende da habilidade das estirpes selecionadas sobreviverem na presença de grande número de outros micro-organismos da rizosfera e consigam competir e ocorra a colonização das sementes germinadas (QUADROS *et al*., 2014).

Nesse contexto, é importante avaliar o efeito da aplicação no solo de estirpes de bactérias diazotróficas eficientes na FBN antecipadamente à semeadura do milho, que poderia suprir as necessidades de N no milho. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características produtivas na cultura do milho em função da inoculação e co-inoculado com as bactérias diazotróficas, *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em diferentes épocas na cultura do milho.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra 2019/20 em Bom Progresso – RS, conforme as coordenadas: latitude 27.563509, longitude -53.859015 e altitude média de 413 metros, em relação ao nível do mar. A classificação do climática de acordo com Koppen é do tipo subtropical - Cfa (KÖPPEN, 1931), com temperaturas entre -3 a 18 °C nos meses mais frios, e média superior a 10 °C nos meses mais quentes, sem nenhuma estação seca definida (úmida todo

ano) e verão quente, com temperatura média mensal superior a 22ºC (RIO GRANDE DO SUL, 2005). Os dados sobre precipitação e temperatura média do ar estão na figura 1 (INPE, 2020). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho (SANTOS *et al.*, 2018).

Anteriormente à instalação do estudo, a área vinha sendo cultivada com soja (safra 2018/19) em sistema de plantio convencional. Após isso com o cultivo de nabo forrageiro, a área foi revolvida com arado de discos em uma profundidade de 20 cm e após realizou-se a passagem de grade leve por duas vezes, antes da instalação do experimento. Posteriormente, realizou-se a amostragem de solo da área para a realização da análise química na camada de 0 a 20 cm (tabela 1).

Com base na análise de solo foi realizada a adubação da cultura do milho, para uma expectativa de produção de 6 t/ha, conforme as recomendações do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do RS e de SC (CQFS, 2016). A dose de NPK para este experimento foi de 60-140-60. Foram utilizados os fertilizantes Super Fosfato Simples (P_2O_5), Cloreto de Potássio (K_2O) e Ureia [$(NH_2)_2CO$] (N apenas para o tratamento testemunha), o tratamento controle não recebeu nenhum tipo de adubação e inoculação.

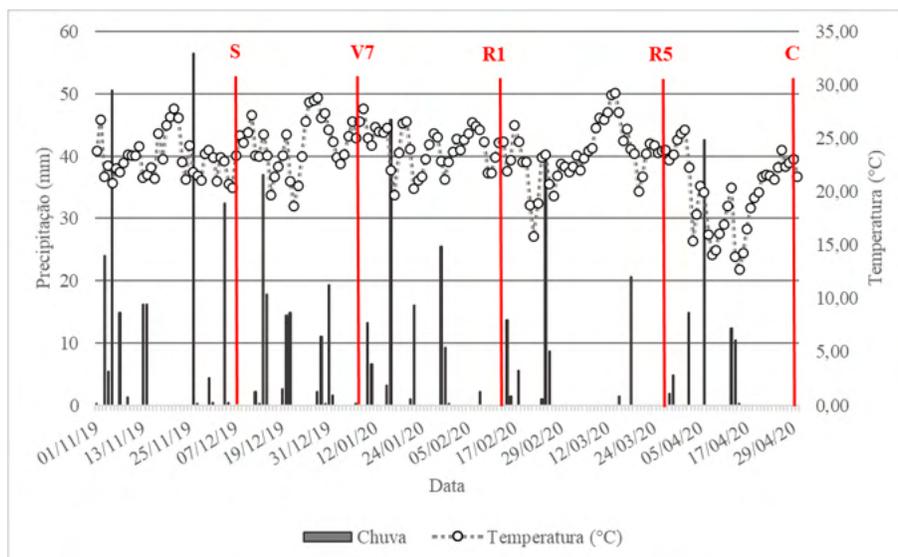
O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 56 parcelas. As parcelas de cada tratamento foram delimitadas com tamanho de 2,30 m x 2,3 m (5,29 m²) com cinco linhas e espaçamento de 0,45 m entre linhas. A semeadura foi realizada manualmente, a uma profundidade de 4 cm, no dia 8 de dezembro de 2019 com densidade de três sementes por metro linear, totalizando aproximadamente 67 mil plantas por hectare.

S: semeadura (08/12/2019), V7: estádio vegetativo 7 folhas verdadeira (06/01/2020), R1: estádio de reprodutivo, pleno florescimento (14/02/2020), R5: estádio reprodutivo, grão farináceo duro (31/03/2020) C: colheita (29/04/2020).

Figura 1: Precipitação e temperatura média do ar durante o período de realização do experimento.

pH*	V	MOS	P	K	H + Al	Ca	Mg
H_2O	%	%	mg/dm^3	mg/dm^3	$cmol_c/dm^3$	$cmol_c/dm^3$	$cmol_c/dm^3$
5,8	65,3	3,9	6,8	162	4,9	5,7	3,1

*pH: Potencial de hidrogênio; V: Saturação por bases; MOS: Matéria orgânica do solo; P: Fósforo; K: Potássio; H + Al: Acidez potencial; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio.

Tabela 1- Características químicas do solo da área experimental no início do experimento.

Fonte: E.R.Webers (2021)

Os inoculantes testados em separado ou combinados (coinoculação) foram os seguintes: inoculante contendo a bactéria *Azospirillum brasilense* (cepas AbV5 e AbV6), na concentração de 4 X 10^8 células viáveis por ml; inoculante com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum* (cepa Semia 5079 e Semia 5080) na concentração de 7,2 X 10^9 células viáveis por ml. As doses aplicadas nas sementes foram definidas a partir da recomendação técnica do inoculante, já para as aplicações antecipadas no solo utilizou-se a dosagem referente a aplicação em sulco. Os inoculantes foram aplicados por pulverização manual com o volume de calda de 200 L/ha. Os tratamentos testados, constam na Tabela 2.

A cultivar de milho utilizada foi o DKB 290, versão PRO 3, Dekalb, já tratadas de forma industrial com fungicida. Os inoculantes foram aplicados nas sementes no dia da semeadura, conforme os tratamentos. Foram adotados alguns cuidados para garantir uma maior eficiência dos inoculantes, como inoculação das sementes realizada à sombra e distribuição uniforme dos inoculantes em todas as sementes.

Os parâmetros avaliados foram os seguintes: altura de plantas (AP), medida em quatro plantas do nível do solo até o ápice da planta; diâmetro de colmo (DC), avaliado com paquímetro a 5 cm acima do nível do solo; comprimento de espiga (CE), medido da base até a ponta da espiga com o auxílio de uma trena; diâmetro de espiga (DE), medido com um paquímetro na parte central da espiga; massa de mil grãos (MMG), em balança analítica; número de fileiras (NF) de grãos por espiga e número de espigas (NE) em 1,3 m lineares, contados manualmente.

Tratamentos	Dose (ml/ha)	
	Azospirilum	*Bradyrhizobium*
T1 – Controle	0	0
T2 – Testemunha	0	0
T3 - *Azospirilum* 10 DAS	400	0
T4 - *Azospirilum* 20 DAS	400	0
T5 - *Azospirilum* 30 DAS	400	0
T6 - *Azospirilum* na semente	100	0
T7 - *Bradyrhizobium* 10 DAS	0	600
T8 - *Bradyrhizobium* 20 DAS	0	600
T9 - *Bradyrhizobium* 30 DAS	0	600
T10 - *Bradyrhizobium* na semente	0	50
T11 - *Bradyrhizobium* + *Azospirilum* 10 DAS	400	600
T12 - *Bradyrhizobium* + *Azospirilum* 20 DAS	400	600
T13 - *Bradyrhizobium* + *Azospirilum* 30 DAS	400	600
T14 - *Bradyrhizobium* + *Azospirilum* na semente	100	50

DAS : dias antes da semeadura. Fonte: E.R.Webers (2021).

Tabela 2- Tratamentos com as formas de aplicação e dose de bactérias diazotróficas aplicadas na semente e no solo na cultura do milho.

Para a produtividade de grãos (PG), foi colhido um segmento de 1,3 m linear de cada parcela, totalizando quatro plantas centrais. Após, os grãos foram removidos das espigas, pesados e a produtividade foi calculada e corrigida para 13% de umidade. Todas as avaliações ocorreram no momento da colheita do milho.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando os procedimentos disponíveis no pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019), através do teste de contrastes ortogonais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição do teste de contrastes ortogonais se encontra na tabela 3. A análise estatística mostrou que não houve diferenças significativas para todas as variáveis em estudo (Tabela 4).

Contrastes	Descrição dos contrastes														
C1	T1	vs	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
C2	T2	vs	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	-
C3	T3	vs	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	-	-
C4	T4	vs	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	-	-	-
C5	T5	vs	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	-	-	-	-
C6	T6	vs	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	-	-	-	-	-
C7	T7	vs	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	-	-	-	-	-	-
C8	T8	vs	T9	T10	T11	T12	T13	T14	-	-	-	-	-	-	-
C9	T9	vs	T10	T11	T12	T13	T14	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	T10	vs	T11	T12	T13	T14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	T11	vs	T12	T13	T14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	T12	vs	T13	T14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	T13	vs	T14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

vs: versos. Fonte: E.R.Webers (2021).

Tabela 3- Descrição dos contrastes comparados entre os tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	DC (cm)	AP (m)	NE (m)	CE (cm)	DE (cm)	NF	PG (kg/ha)	MMG (g)
T1	2,53*	2,74*	3,65	18,91*	5,09*	16*	16112*	348*
T2	2,60	2,84	4,81	18,59	4,97	16	16440	315
T3	2,48	2,76	4,23	18,84	5,06	18	14700	310
T4	2,58	2,73	4,62	17,98	4,78	18	14842	276
T5	2,65	2,77	4,62	18,06	5,04	18	16597	320
T6	2,73	2,75	4,42	18,44	4,88	18	14370	301
T7	2,50	2,68	4,23	18,51	4,93	18	15821	367
T8	2,45	2,65	3,65	18,33	4,91	18	13360	316
T9	2,60	2,73	4,23	18,64	4,88	18	14779	295
T10	2,53	2,82	3,85	18,55	4,93	16	13900	304
T11	2,63	2,72	4,23	19,15	4,98	18	15289	302
T12	2,45	2,63	3,65	18,08	5,02	18	13290	307
T13	2,60	2,71	4,23	18,95	5,11	18	16876	345
T14	2,30	2,68	3,85	19,19	4,96	18	13972	297
CV (%)	7,07	4,69	22,23	5,33	3,90	6,26	16,50	14,58

*Não há diferença estatística entre tratamentos pelo teste de contrastes ortogonais a 5% de significância. Valores são a média de quatro repetições. Fonte: E.R.Webers (2021).

Tabela 4- Valores médios de diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), número de espigas (NE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), produtividade de grãos (PG) e massa de mil grãos (MMG).

Para o diâmetro de colmo o tratamento T6 (*Azospirilum* na semente), apresentou uma média de 2,7 cm de diâmetro, o tratamento T14 (*Bradyrhizobium + Azospirilum* na semente), apresentou o menor diâmetro de colmo de 2,3 cm, sendo que a média geral de diâmetro de colmo foi de 2,5 cm. Mumbach *et al*. (2017) estudando o efeito de inoculação de *Azospirilum* nas sementes de milho também não obtiveram resposta para o parâmetro diâmetro de colmo.

Para a altura de planta as maiores médias foram registradas para o tratamento Testemunha NPK (T2) com 2,84 m, seguido pelo T10 (*Bradyrhizobium* na semente) com 2,82 m; o T12 (*Bradyrhizobium + Azospirilum* 20 dias antes da semeadura) apresentou a menor média de altura com 2,63 m, mas sem diferir dos demais tratamentos. Cunha *et al*. (2014) observaram que a inoculação de *Azospirillum brasilense* não promoveu efeito significativo no diâmetro de colmo, na altura de inserção de espiga e na altura de planta. O não incremento de altura pelas bactérias é um fator positivo, uma vez que o aumento destes fatores pode elevar o índice de tombamento das plantas de milho (FACHINELLI *et al*., 2017).

A maior média para número de espigas foi encontrado no tratamento Testemunha (T2) com 4,81 espigas por metro linear, seguidos pelos tratamentos T4 e T5 (*Azospirilum* 20 dias antes da semeadura e *Azospirilum* 30 dias antes da semeadura, respectivamente) com 4,62 espigas por metro linear. O menor número de espigas foi de 3,65 espigas por metro linar encontrado nos tratamentos T1, T8 e T12 (Controle, *Bradyrhizobium* 20 dias antes da semeadura e *Bradyrhizobium + Azospirilum* 20 dias antes da semeadura, respectivamente). Resultados estes que corroboram aos de Fachinelli *et al*. (2017) que observaram que o diâmetro de colmo de milho e o número de espigas por planta não sofreu efeitos da inoculação, sendo estatisticamente igual a adubação nitrogenada mineral. Martins *et al*. (2016), em experimento com inoculação de *A. brasilense,* também não observaram diferenças para os parâmetros de número de espigas, massa de mil grãos, produtividade, altura de plantas e diâmetro de colmo.

A massa de mil grãos variou de 367 a 276 g para os tratamentos T7 (*Bradyrhizobium* 10 dias antes da semeadura) e T4 (*Azospirilum* 20 dias antes da semeadura), respectivamente, com média entre todos os tratamentos de 315 g. Em comparação com o Controle (T1) a Testemunha NPK (T2) obteve uma massa de mil grãos 10% menor. O T13 (*Bradyrhizobium + Azospirilum* 30 dias antes da semeadura) apresentou uma massa de mil grãos 9% superior em relação ao Testemunha (T2). Em comparação ao Controle (T1) e o tratamento T6 (*Azospirilum* na semente) modalidade recomendada pela fabricante do inoculante, se observou uma redução de 13% na massa de mil grãos. Interações semelhantes foram encontradas no trabalho de Portugal *et al*. (2017) onde o peso de massa de mil grãos, apresentou resposta negativa com a inoculação da bactéria *A. brasilense*, apresentando decréscimo de 1,13% quando comparado ao tratamento sem inoculação, devido ao decréscimo proporcionado pela bactéria que pode ser atribuído ao fato da sua

nutrição heterotrófica requerer NH_4^+ ou NO_3^-. Segundo Sangoi *et al.* (2015), esse fenômeno ocorre porque o N mineral altera o estado fisiológico da planta e, por consequência, a sua associação às bactérias diazotróficas, como também, os altos teores de matéria orgânica do solo podem aumentar a disponibilidade de N às plantas, mitigando os benefícios da inoculação das sementes com *A. brasilense*. Entretanto, Alves *et al.* (2020) estudando a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) com a inoculação de *A. brasilense* em conjunto de fertilizantes nitrogenados minerais, observou incremento para o peso de mil grãos em comparação ao tratamento testemunha.

A média de produtividade de grãos de milho variou de 13360 a 16876 kg/ha para os tratamentos T8 e T13, respectivamente, com média para todos os tratamentos de 15025 kg/ha. Os resultados de produtividade de grãos, para todos os tratamentos, incluindo o Controle (T1) se apresentou acima das médias de produção no RS, sendo está de 6652,65 kg/ha (média das últimas 5 safras) (IBGE, 2020).

No milho o N é absorvido em grandes quantidades e é um dos nutrientes que apresenta os maiores efeitos no aumento da produtividade de grãos da cultura (KAPPES *et al.*, 2017). O aumento no rendimento de grãos está relacionado, de forma direta, com o N, sendo este um elemento essencial no cultivo de milho (BASTOS *et al.*, 2008). De acordo com Neumann *et al.* (2005), 75% do N é translocado para o grão, devido à grande exportação deste nutriente do solo para a planta.

A matéria orgânica é o principal componente do solo responsável pelo fornecimento de N. Quando existem bons níveis de matéria orgânica do solo é muito provável que o suprimento de N para o milho também seja em maior quantidade, neste experimento o teor de matéria orgânica foi classificada em nível médio (3,9%) (CQFS, 2016). Segundo Zandonadi *et al.* (2014), os efeitos benéficos da matéria orgânica na agricultura têm sido amplamente difundidos, pois incorporam ao solo elementos químicos essenciais para o desenvolvimento das plantas.

A matéria orgânica do solo é advinda de compostos que possuem carbono na sua composição, por exemplo, resíduos culturais, sendo o principal reservatório de N no solo, porém não está prontamente disponível às plantas (TERÇARIOL, 2020). Essa relação com a matéria orgânica leva a recomendações para adubação nitrogenada baseando-se no teor de matéria orgânica no solo procurando estimar a disponibilidade de N às plantas (MELLO *et al.*, 1989). Dessa forma, para toma da de decisão a respeito da adubação nitrogenada deve levar em consideração as diferentes fontes de N, época de aplicação, parcelamento, teor de matéria orgânica e exigência da cultura.

Outro fator que interfere na produtividade de grãos de milho é o consumo diário de água, que varia de 2 a 7 mm por dia, dependendo do estádio da cultura e da demanda atmosférica. A maior exigência ocorre durante o pendoamento e espigamento do milho, quando a planta tem a maior área foliar ativa (MATZENAUER *et al.*, 1998). Desta forma, durante o experimento, nos estádios de crescimento e desenvolvimento das plantas a

precipitação foi bem distribuída com média diária de 3 mm (Figura 1), totalizando 425 mm durante o período experimental, o que favoreceu a cultura do milho. Essa quantidade de chuva, corrobora com Albuquerque (2010), o qual infere que uma cultivar de milho de ciclo médio, cultivado para a produção de grãos, consome em média de 380 a 550 mm de água em seu ciclo completo.

Da Silva (2021) diz que a alteração de atributos físicos como a compactação do solo pode comprometer o desenvolvimento das culturas, no entanto, o revolvimento do solo que antecedeu a instalação do experimento removeu qualquer compactação na cama de 0-20 cm da área experimental, permitindo que a cultura explorasse a referida camada de solo, buscando os nutrientes necessários para a produção.

É importante salientar que não houve diferença em relação a aplicação antecipada de inoculante ao solo em comparação a inoculação realizada na semente, se mostrando ser uma forma viável para o emprego deste tipo de inoculação. O que pode evidenciar que a produção de milho inoculado com bactérias fixadores de N antecedendo a semeadura pode ser uma alternativa a adubação nitrogenada as lavouras de milho em condição de solo com boa fertilidade, e médios teores de matéria orgânica do solo. No entanto, apesar de haver incremento na produtividade, esta não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. Desta forma, mais trabalhos sobre este tema devem ser realizados, a fim de avaliar a eficiência da inoculação, coinoculação e suas interações com o ambiente.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação e co-incoulado com as bactérias diazotróficas, *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* tanto aplicadas antecipadamente ou na semeadura do milho em solo com teor médio de matéria orgânica e boa disponibilidade hídrica, não influenciou no desenvolvimento e produção da cultura do milho.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P.; RESENDE, M. **Cultivo do milho: manejo de irrigação**. Embrapa Milho e Sorgo - Comunicado Técnico. 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/487012/1/Com47.pdf> Acesso em: 07 out. 2020.

ALVES, V. M. *et al*. **Corn seed inoculation with** *Azospirillum brasilense* **in different nitrogen fertilization management**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária), 15: 1-6, 2020.

BÁRBARO-TORNELI, I. M. *et al*. **Avaliação de inoculantes biológicos associados à adubação nitrogenada reduzida nos parâmetros fisiológicos e produtividade de milho safrinha**. Nucleus**.** s/v.: 91-104, 2018.

BASTOS, E. A. *et al*. **Rates and timing of nitrogen application for obtaining the economic grain yield, under no-tillage on cerrado of Mid-North region of Brazil**. Revista Ciência Agronômica, 39: 275-280, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: SBCS-NRS, 2016.

CUNHA, F. N. *et al*. **Efeito da** *Azospirillum brasilense* **na produtividade de milho no sudoeste goiano**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 13: 261-272, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Bactérias aumentam produtividade do milho e reduzem adubos químicos.** 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2467608/bacterias-aumentam-produtividade-do-milho-e-reduzem-adubos-quimicos> Acessado em: 01 out. 2018.

FACHINELLI, R. *et al*. **Produtividade de milho safrinha com** *Azospirillum* **nas sementes em solo arenoso**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 14., 2017, Cuiabá. Anais Embrapa Agropecuária Oeste-Resumo em anais de congresso (ALICE). Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2017. p. 443-448.

FERREIRA, D. **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs.** Revista Brasileira de Biometria, 37: 529-535, 2019.

GITTI, C. D. *et al*. **Inoculação de sementes com** *Azospirillum brasilense* **e doses de nitrogênio em cobertura do milho safrinha.** 2013 Disponível em: <https://www.cpao.embrapa.br/cds/milhosafrinha2013/PDF/80.pdf> Acessado em: 01 out. 2020

HUNGRIA M. **Inoculação com** *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo**. 325. ed. Londrina. Circular Técnica Embrapa Soja, 2011. 36 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Produção Agrícola Municipal**. 2020.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://bancodedados2.cptec.inpe.br/>Acessado em: 23 jun. 2020.

KAPPES, C., DA SILVA, R. G., & FERREIRA, V. E. N. **Foliar application of** *Azospirillum brasilense* **and nitrogen**. Scientia Agraria Paranaensis, 16: 366-373. 2017.

KÖPPEN, W. **Classificação climática de Köppen-Geiger**.1931.

MARTINS, D. C. *et al.* **Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e** *Azospirillum* sp. Brazilian Journal of Maize and Sorghum, 15: 217-228, 2016.

MATZENAUER, R., BERGAMASCHI, H., BERLATO, M. A. **Evapotranspiração da cultura do milho**. II-Relações com a evaporação do tanque classe "A", com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 6: 15-21, 1998.

MELLO, F. A. *et al.* **Fertilidade do Solo**. São Paulo (SP): Nobel, 1989. 400p.

MÜLLER, T. M. *et al*. **Inoculação de** *Azospirillum* ***brasilense*** **no tratamento de sementes e sulco de semeadura na cultura do milho. In: Congresso nacional de milho e sorgo.** 29°. Anais do 29°Congresso nacional de milho e sorgo. Campinas: Instituto Agronômico/Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Campinas. 2012. p. 1665-1671.

MUMBACH, G. L. *et al*. **Resposta da inoculação com** *Azospirillum brasilense* **nas culturas de trigo e de milho safrinha**. Scientia Agraria, 18: 97-103, 2017.

NEUMANN, M. *et al*. **Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (***Zea mays* L.**) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo**,** 4: 418-427. 2005.

NOGUEIRA, M. A. *et al*. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coinoculação com** *Bradyrhizobium e Azospirillum* **na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná.** 166. Ed. Londrina: Circular Técnica Embrapa Soja. 2018. 21 p.

PANDOLFO, C. M. *et al*. **Desempenho de milho inoculado com** *Azospirillum brasiliense* **associado a doses de nitrogênio em cobertura.** Agropecuária Catarinense, 27:94-99, 2014.

PORTUGAL, J. R. *et al*. **Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com** *Azospirillum brasilense* **em milho no Cerrado**. Revista Ciência Agronômica, 48: 639-649, 2017.

QUADROS, P. D. D. *et al*. **Desempenho agronômico a campo de híbridos de milho inoculados com** *Azospirillum*. Revista Ceres, 61: 209-218, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. **Atlas climático Rio Grande do Sul.** Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110034-atlas-climatico-rs.pdf> Acesso em: 20 jun. 2021.

ROCKENBACH, M. D. A. *et al*. **Eficiência da aplicação de** *Azospirillum brasilense* **associado ao nitrogênio na cultura do milho**. Acta Iguazu, 6: 33-44, 2017.

SANGOI, L. *et al*. **Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com** *Azospirillum* sp. **e da aplicação de doses de nitrogênio mineral**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 39: 1141-1150, 2015.

SILVA, P. L. F. **Compactação e seus efeitos sobre o funcionamento do solo e a absorção de nutrientes pelas plantas: Uma revisão bibliográfica**. Meio Ambiente (Brasil), 3: 24-33, 2021.

SILVA, T. R. *et al*. **Caracterização Molecular e Capacidade de Promoção do Crescimento Vegetal de Bactérias Diazotróficas Isoladas do Sorgo.** In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 12., 2017, Petrolina. Anais da XII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, Petrolina: Embrapa Semiárido 2017. p. 305-311.

SANTOS, H. G. *et al*. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TERÇARIOL, M. C. **Formas lábeis de carbono e nitrogênio no solo em função de plantas de cobertura e adubação nitrogenada**. 2020. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2020.

ZANDONADI, D. B. *et al*. **Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças**. Horticultura Brasileira, 32: 14-20, 2014.

CAPÍTULO 12

INTERAÇÕES ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM ECOSSISTEMAS RIBEIRINHOS AO LONGO DO RIO-MADEIRA MAMORÉ NO MUNICÍPIO DE GUAJARÁ-MIRIM/RO

Data de aceite: 01/12/2021

http://lattes.cnpq.br/1682667056550443

Ana Lucy Caproni
Universidade Federal de Rondônia
Departamento Acadêmico de Ciências Sociais e Ambientais
Guajará-Mirim – Rondônia
http://lattes.cnpq.br/5421800893110954

José Rodolfo Dantas de Oliveira Granha
Universidade Federal de Rondônia
Departamento Acadêmico de Ciências Sociais e Ambientais
Guajará-Mirim – Rondônia
http://lattes.cnpq.br/5859580975436668

Gabriel Cestari Vilardi
Universidade Federal de Rondônia
Departamento Acadêmico de Ciências Sociais e Ambientais
Guajará-Mirim – Rondônia
http://lattes.cnpq.br/9911642960012466

Mônica Gambero
Núcleo de Gestão Integrada - ICMBio Guajará-Mirim (NGI-ICMBio Guajará-Mirim)
Guajará-Mirim - Rondônia
http://lattes.cnpq.br/0236730029003104

Ricardo Luis Louro Berbara
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituto de Agronomia
http://lattes.cnpq.br/8529910145308595

Marcos Antonio Nunez Duran
Universidade Federal de Rondônia
Estudante do Departamento Acadêmico de Ciências Sociais e Ambientais
Guajará-Mirim – Rondônia

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar as comunidades dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) presentes em Sistemas Agroflorestais e em Floresta Natural ribeirinhos, alagáveis, ao longo do Rio Madeira-Mamoré no município de Guajará-Mirim/RO. Coletaram-se, aleatoriamente, 10 amostras simples de terra, em quatro sistemas agroflorestais (SAFs) e uma mata natural no período seco do ano (set/2019). Foram avaliadas a riqueza de espécies de FMAs e densidade dos esporos; a frequência de ocorrência de espécies; os índices de diversidade de Shannon-Wiener e de dominância de Simpson. A riqueza de espécies de FMA variou entre os SAFs e a mata natural, de 16 a 19 espécies. A média dos esporos dos FMAs diferiu significativamente entre os SAFs e a mata natural, sendo que somente um dos SAFs foi superior aos demais sistemas. As espécies dominantes de FMAs foram *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora scrobiculata*; o índice de diversidade de Shannon indicou que os SAFs e a mata natural apresentam estabilidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Diversidade de espécies; ecossistema ripário; qualidade do solo.

ABSTRACT: The objective of this work was to identify and analyze the communities of the FMAs present in the soils in floodplain agroforestry and natural forest systems, along the Madeira-Mamoré River in the municipality of Guajará-Mirim / RO. 10 simple samples of soil were collected at

random from four SAFs and a natural forest in the dry period of the year (Sep / 2019). The richness of AMF species and spore density were evaluated; the frequency of occurrence of species; Shannon-Wiener diversity and Simpson dominance indices. FMA species richness varied between SAFs and natural forest from 16 to 19 species. The average spore of the FMAs differed significantly between the SAFs and the natural forest, with only one of the SAFs being superior to the other systems. The dominant FMA species were Glomus macrocarpum and Acaulospora scrobiculata; Shannon's diversity index indicated that SAFs and natural forest have environmental stability.
KEYWORDS: Diversity of species; riparian ecosystem; soil quality.

1 I INTRODUÇÃO

Neste trabalho identificaram-se e analisaram-se as comunidades dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) presentes em ecossistemas agroflorestais e em floresta natural ribeirinhos, alagáveis, ao longo do Rio Madeira-Mamoré nas imediações da cidade de Guajará-Mirim/RO.

Os FMAs existem há mais de 400 de anos, e o caráter mutualista dos mesmos contribuiu para a sobrevivência e evolução das plantas terrestres e dos fungos, pois o fungo simbionte aumenta a capacidade da planta em absorver nutrientes do solo, favorecendo sua nutrição, enquanto a planta fornece fotossintatos para o fungo que é incapaz de realizar fotossíntese (HARLEY; SMITH, 1983). Segundo os mesmos autores estes fungos se desenvolvem inter e intracelularmente no córtex das raízes da maioria das plantas terrestres. Estes fungos têm grande importância pela sua ocorrência na maioria das plantas superiores, o que sugere relevante papel no desenvolvimento e manutenção das comunidades vegetais (SILVEIRA, 1992).

A importância dos FMAs está, principalmente, na nutrição das plantas quando em solos deficientes de nutrientes e em plantas com alta dependência micorrízica, sendo o mais importante benefício, o aumento da absorção do fósforo (P) (COSTA, 2010). Como nas regiões tropicais, os solos são constituídos de baixos níveis de P, as associações destes fungos devem ser bem estudadas, pois, segundo Sieverding (1991), o melhor entendimento das espécies e absorção de nutrientes podem ajudar na economia dos gastos com insumos agrícolas; principalmente em produção agrícola no Sistema Agroflorestal ao longo de rios sujeitos a alagamentos.

O conhecimento das espécies e da dinâmica dos organismos do solo em sistemas agroflorestais e matas naturais é uma ferramenta muito útil para determinar a qualidade dos sistemas de produção agrícola e florestal no estado de Rondônia. O equilíbrio entre a vegetação e o componente biológico do solo é essencial para a manutenção de sua fertilidade, possibilitando a ciclagem dos nutrientes por meio da decomposição de detritos orgânicos e dos processos biogeoquímicos. Este equilíbrio é observado em Sistemas Agroflorestais.

Conforme o Centro Mundial Agroflorestal (The World Agroforestry Centre (s/d), citado por PALUDO; COSTABEBER, 2012), os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são sistemas de produção agrícola que consorciam espécies florestais (frutíferas e/ou madeireiras) com cultivos agrícolas e em alguns casos também animais, na mesma área e numa sequência temporal. Este tipo de produção se torna favorável tanto ao extrato verde (diversidade de plantas) quanto ao extrato marrom (diversidade de espécies no solo), levando assim a uma maior diversidade e economia de insumos agrícolas. A economia está pautada no fato de que a diversidade da vegetação nos SAFs atua na fertilidade da camada superficial do solo, na manutenção dos teores de estoque de carbono do solo, no incremento nos teores de N no solo, na proteção e conservação do solo (DUBOIS; VIANA; ANDERSON, 1997; RIBEIRO et al., 2019). No entanto, para o entendimento da sua dinâmica, torna-se necessário a identificação dos componentes da vegetação e dos organismos do solo nos seus diferentes habitats.

É essencial o conhecimento dos efeitos das espécies florestais e das espécies cultivadas em SAFs ao longo dos rios, que agem na dinâmica das populações dos FMAs nos solos, devido às transformações que esses microrganismos promovem, influenciando a estabilidade dos ecossistemas contendo SAFs cultivados nas adjacências dos rios. É possível que nos ecossistemas com SAFs em áreas com potencial de alagamentos haja uma redução na abundância de espécies de FMAs, sendo que a alta diversidade de espécies destes organismos do solo é considerado como um dos fatores responsáveis pelo aumento do crescimento e na manutenção na diversidade das plantas, principalmente na manutenção dos ecossistemas ribeirinhos.

O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar as comunidades dos FMAs presentes nos solos sob Sistemas Agroflorestais e Floresta Natural ribeirinhos ao longo do Rio Madeira-Mamoré no município de Guajará-Mirim/RO.

2 | MATERIAL E MÉTODO

As áreas estudadas estão localizadas no Município de Guajará-Mirim/RO e situadas próximos ao Rio Madeira-Mamoré no entorno da cidade, onde foram analisadas as amostras de terra provenientes dos sistemas agroflorestais e de floresta natural ripária. Como o cultivo de bananeiras faz parte da economia da região, este trabalho foi realizado com a amostragem de solos nas regiões próximas das raízes de bananeira.

As coletas das amostras de terra, para análises dos FMAs foram coletadas em parcelas de 100 m^2 em cada um dos SAFs e de floresta ripária, em setembro de 2019 (período seco). Foram retiradas 10 amostras simples aleatoriamente, em cada SAF e mata ripária, com a utilização de um trado com capacidade de 500 mL, na profundidade de 0 a 20 cm. Durante as coletas das amostras de terra a cobertura vegetal dominante foi identificada com nomes populares e posteriormente a nível de gênero. As amostras de terra foram

homogeneizadas, secadas à sombra e armazenadas a 10°C até o seu processamento em laboratório para a avaliação dos FMAs.

2.1 Avaliação dos esporos

Os esporos foram extraídos de 100 mL das amostras de terra pela técnica de peneiramento em via úmida (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), seguindo-se centrifugação com sacarose 50% (V:V). Após a contagem, os esporos foram agrupados pelo tamanho, cor e forma, colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) sob uma lamínula e um segundo grupo foram montados com PVLG + reagente de Melzer (1:1), sob outra lamínula, onde foram então identificados e contados por espécie.

A identificação das espécies de FMAs foi feita segundo Schenck e Perez (1988) e conforme descrição morfológica disponível na internet na página da International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (http://invam.wvu.edu), (http://www.zor.zut.edu.pl/) e outras fontes bibliográficas.

A densidade (D) dos FMAs foi estimada através do número de esporos em 100 mL de terra e a densidade de cada espécie de FMAs (D_i), como sendo a relação entre o número de esporos de determinada espécie por 100 mL de terra. As diferenças nas densidades entre o número total de esporos e o de espécies, entre as épocas de amostragens e as áreas amostradas, foram analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A frequência de ocorrência de cada espécie (F_i) foi calculada em cada época de amostragens (seca e chuvosa) (BROWER et al., 1990), de acordo com a equação $F_i = J_i / K$, onde Fi = Frequência de ocorrência da espécie i; Ji = Número de amostras nos quais a espécie i ocorreu e k = Número total de amostra.

2.2 Análise dos dados

Os dados obtidos das contagens e identificações dos FMAs foram avaliados quanto a abundância da comunidade (número de indivíduos de espécies) Pielou (1987) e Brower; Zar; Von Ende (1990), índices de diversidade de Shannon (*H'*) conforme descrito por Pielou (1987) e Brower; Zar; Von Ende (1990) e **í**ndice de Dominância de Simpson (*D*), conforme descrito por Pielou (1987).

Para a análise dos dados foram utilizados os softwares DivEs e ASSISTAT.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os SAFs e a mata natural estudados são de propriedades de pequenos produtores rurais. Nesses, onde foram coletadas amostras de terra, foram também identificados os gêneros dominantes da vegetação conforme consta no Quadro 1.

A floresta natural está preservada há mais de 40 anos e é uma área que sofre alagamentos todos os anos, inclusive é uma área que foi totalmente submersa no ano de

2014 por aproximadamente cinco meses. O solo é considerado arenoso e a camada de matéria orgânica ainda está em recomposição (Figura 1) e há presença de uma grande quantidade de cipós (Figura 2). O número de espécies da vegetação dominante ainda é escasso.

Sistemas Agroflorestais em áreas alagáveis	**Composição**
Sistema Agroflorestal (JP)	Sistema Agroflorestal cultivado há mais de 12anos. A área conta com plantações de maracujá (*Passiflora* sp.), melancia (*Citrullus* sp.), banana (*Musa* sp.), batata doce (*Ipomoea* sp.), abacaxi (*Ananas* sp.), limão (*Citrus × limon*) e algumas espécies nativas invasoras não identificadas. O controle das invasoras é realizado através de roçada manual.
Sistema Agroflorestal (GZ)	Sistema Agroflorestal cultivado há mais de 10 anos, e conta com a plantação de banana (*Musa* sp.) e mamão (*Carica* sp.) todas sem espaçamento definido. Existem algumas espécies não identificadas que fazem parte das plantas invasoras. O controle das invasoras é realizado através de roçada manual.
Sistema Agroflorestal (AM)	Sistema Agroflorestal cultivado há mais de 10 anos. Contendo banana (*Musa* sp.), mamão (*Carica* sp.), ingá (*Inga* sp.), manga (*Mangifera* sp.) sem espaçamento definido, e algumas espécies nativas invasoras não identificadas. O controle das invasoras é realizado através de roçada manual.
Sistema Agroflorestal (BD)	Sistema Agroflorestal cultivado há mais de 20 anos contendo banana (*Musa* sp.), goiaba (*Psidium* sp.), graviola (*Annona* sp.), limão (*Citrus × limon*), hortelã pimenta (*Plectrantus* sp.), sem espaçamento definido. O controle das plantas invasora é realizado através de roçada manual.
Mata Natural	Área de mata preservada as margens do rio madeira Mamoré, contém os gêneros dominantes, tais como Cedro (*Cedrela* sp.), goiaba do mato castanha (*Bertholletia* sp.), imbaúba (*Cecropia* sp.), ingá do mato (*Inga* sp.), eliconia amarela (*Heliconia* sp.), paineira (*Ceiba* sp.), palmeiras, samambaias, costela-de-adão (*Philodendro* sp.), várias espécies de cipós, dentre outras espécies nativas não identificada.

Quadro 1 - Gêneros dominantes identificados nos Sistemas Agroflorestais e Mata Natural, em áreas alagáveis, no município de Guajará-Mirim/RO.

Figura 1 – Solo da mata natural.

Figura 2 – Cipós pendentes

Embora a quantificação dos esporos de FMAs seja uma importante ferramenta para estudos do estoque de Carbono (C) no solo, Braghirolli et al. (2012) enfatizam que os esporos não tem sido medido adequadamente. Segundo estes autores os esporos produzidos pelos FMAs variam de tamanho em média de 45–50 até 700 µm de diâmetro; sua quantidade no solo também é variável e influenciada por fatores como planta hospedeira, sazonalidade e tipo de solo. De acordo com Siqueira; Colozzi-Filho; Oliveira (1989), encontrara-se, em média, 44 e 71 esporos/50 mL para ecossistemas não cultivados e agrossistemas, respectivamente. Em trabalho realizado por Santos et al. (2019), em solos sob pastagens e florestas naturais no município de Guajará-Mirim/RO, encontraram uma variação de 304 a 2015 esporos por 100 mL de amostras de terra.

A densidade média dos esporos dos FMAs diferiu significativamente entre os sistemas agroflorestais e a mata natural nas áreas alagáveis para as coletas de amostras de terra em setembro de 2019 ($P>0,05$) (Figura 3). O SAF BD apresentou média de esporos superior aos demais sistemas e de mata natural. Este sistema está situado nas margens do rio madeira Mamoré e se apresenta com o solo arenoso e pobre e matéria orgânica (superfície do solo desnuda de serrapilheira). Após a enchente de 2014 a bananeira e as demais plantas cultivadas no SAF apresentaram baixo desenvolvimento e baixa produção, em relação aos anos anteriores à enchente de 2014, porque a enchente levou toda a matéria orgânica com as correntezas do rio. Neste SAF a produção é diversificada, os tratos culturais são realizados manualmente (Quadro 1) e as amostras de solo foram realizadas no sistema radicular das bananeiras, por ser esta uma cultura primordial na região. É possível que o solo arenoso, com características de mata ciliar associado à falta de nutrientes neste sistema levou ao aumento das associações micorrízicas e maior produção de esporos, como resposta à necessidade da planta às associações em conseguir se nutrir mais adequadamente. Já a baixa produção de esporos na mata ciliar pode ser caracterizada pela maior estabilidade do solo, com menores necessidades de associações micorrízicas, em relação aos SAFs que sofrem maior estresse devido ao manejo e à baixa fertilidade.

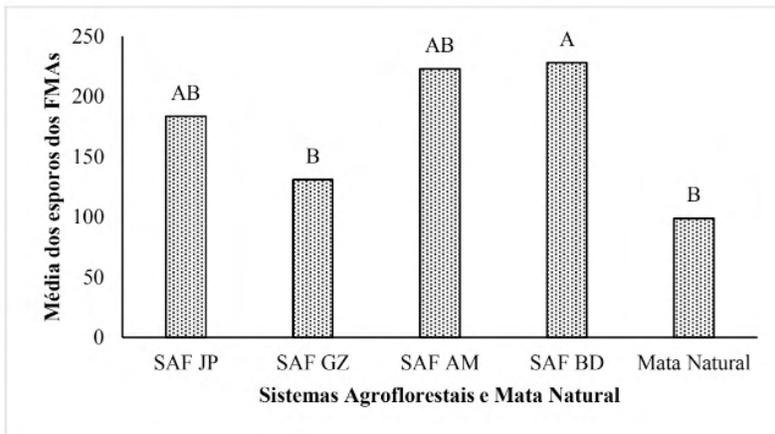



Figura 3 – Média dos esporos de FMAs, em 100 mL de amostras de terra coletadas em setembro de 2019, nos Sistemas Agroflorestais implantados em Terra Alagáveis e Mata Natural ao longo do Rio Madeira Mamoré, no município de Gujará-Mirim/RO. (Barras seguidas de mesma letra não diferem entre si nos Sistemas Agroflorestais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade)

Observou-se também no SAF BD, que apesar de haver baixo desenvolvimento e baixa produção de frutos as plantas se apresentavam sadias. Neste sentido, é possível que os FMAs estejam contribuindo para a proteção das plantas com suas associações. Nidheesh et al. (2018), com suporte em outros autores, afirmam que as associações micorrízicas em solos com baixo teor de nutrientes reduzem os efeitos adversos dos nematoides e parasitas da banana, ainda tornando a cultura tolerante ao estresse hídrico e a salinidade.

A coleta das amostras de terra foi realizada durante o período seco, o qual há vários relatos que neste período é comum haver maior esporulação dos FMAs nas diferentes culturas tanto agrícolas quanto florestais. Os resultados deste trabalho estão de acordo com outros pesquisadores, onde a cobertura vegetal, a fertilidade do solo e o clima podem apresentar influências sobre a esporulação das comunidades dos FMAs. Como exemplo pode-se citar o trabalho realizado por Caproni et al. (2001), onde a produção de esporos durante o período seco foi maior do que no período chuvoso em áreas de florestas em recuperação no município de Porto Trombetas/PA. Normalmente, a densidade de esporos varia com as estações do ano, conforme Fernandes (2016) a população de FMAs está mais relacionada a fatores edáficos, climáticos e de plantas por promover influência em sua distribuição e ocorrência. Leal et al. (2013) observaram que há aumento na densidade de esporos no solo quando a vegetação de mata é substituída. Rocha (2017) concluiu em seu trabalho que a situação de conversão de área florestal para o cultivo agrícola estimula a multiplicação do FMAs.

A média das espécies não diferiu entre si nos SAFs e na mata natural ($P \geq 0,05$) (Figura 4). Observou-se um baixo número de espécies de FMAs nos sistemas estudados. Estes resultados podem estar relacionados à ausência de espécies hospedeiras, o

que também limita a presença de FMAs, como tem sido observado em outros estudos (CUENCA; ANDRADE; ESCALANTE, 1998). Em áreas muito antropizadas ou com alto nível de estresse associado à ausência de plantas hospedeiras, à perturbação do solo, a baixa capacidade de retenção de água no solo podem ser fatores primordiais capazes de destruir grande parte da biodiversidade dos FMAs locais. Associado a estes fatores ainda temos os problemas do carreamento dos materiais orgânicos e dos elementos essenciais para a nutrição das plantas, pelas correntezas do rio madeira Mamoré durante a cheia de 2014, que ainda traz problemas aos produtores locais até os momentos atuais. As poucas espécies dos FMAs nos SAFs pode ser consequência da dispersão das áreas de mata natural adjacente, que também se apresenta com baixa densidade de esporos. Allen (1991) sugere que os FMAs podem ser dispersados via animais, vento ou agentes de erosão. Entretanto, outros mecanismos de dispersão não possam ser descartados, porém com pequena contribuição (LOREE; WILLIAMS, 1987).

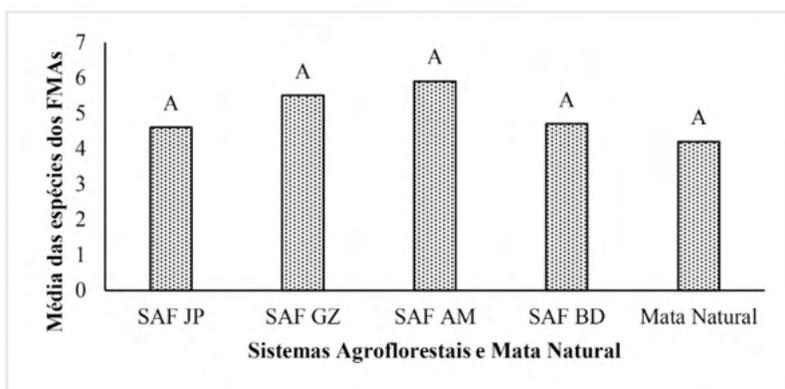



Figura 4 – Média das espécies dos FMAs, em 100 ml de amostras de terra coletadas em setembro de 2019, nos Sistemas Agroflorestais implantados em Terra Alagáveis ao longo do Rio Madeira Mamoré, no município de Gujará-Mirim/RO. (Barras seguidas de mesma letra não diferem entre si nos Sistemas Agroflorestais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade)

A média das espécies dos FMAs da mata natural apresentou comportamento similar aos das áreas de SAFs (Figura 4). Observou-se uma tendência de maior número de espécies nos SAF AM, que pode estar relacionada ao tipo de manejo e a presença de plantas invasoras na época da coleta das amostras de terra, mantendo assim um maior número de espécies de FMAs esporulando. Pelo fato das plantas formarem micorrizas arbusculares (SIEVERDING, 1991), há um favorecimento da colonização e esporulação, já que a esporulação é dependente da colonização das raízes (CAPRONI et al., 2018). Em outros trabalhos é comum encontrar número de espécies significativamente superior na mata natural no período seco ou não apresentar diferenças significativas no período chuvoso (CAPRONI et al., 2001). No entanto Leakey (2014), observou que muitos estudos

com o levantamento das espécies dos FMAs em agroecossistemas, constataram que os SAFs mantêm um nível de biodiversidade consideravelmente maior do que outros sistemas agrícolas, mas geralmente um pouco menor que o da floresta natural, o que não ocorreu com os sistemas de mata natural ribeirinhos ao longo do rio Madeira-Mamoré. Este autor enfatiza que as agroflorestas fornecem habitat adequado para espécies dependentes da floresta e, portanto, na maioria dos casos, são importantes para a conservação da vida selvagem. Importante também é mencionar que os FMAs podem ser também dependentes do tipo de cobertura vegetal e do manejo da vegetação (SOUZA et al., 2010), o que já foi demonstrado por outros pesquisadores (SANTOS et al., 2019).

Neste levantamento foram encontradas um total de 33 espécies, sendo que sete espécies ocorreram em todos os sistemas estudados (*Acaulospora mellea*, *A. morrowiae, A. scrobiculata*, ENI (espécie não identificada)*, Glomus macrocarpum, Scutellospora calospora e Scutellospora* sp1) (Tabela 1). Enquanto que outras quatro espécies (*Acaulospora tuberculata*, *Gigaspora decipiens*, *G. microagregatum, Paraglomus brasilianum*) foram encontradas em quatro sistemas estudados. As demais espécies foram encontradas em três sistemas ou menos, porém, nenhuma das espécies tiveram frequência de ocorrência em 100% das amostragens de terra (Tabela 2). Considerando que foi amostrada a cultura da banana dentro de SAFs com cultivos diferentes culturas, no município de Guajará-Mirim, o número de espécies encontradas foi maior do que o encontrado por Jefwa et al. (2012) com 22 espécies em cultivo convencional de banana. O número de espécies de FMAs identificadas é bastante variável nos ecossistemas do país, como por exemplo em trabalhos de identificação de espécies de FMAs realizados por Carneiro et al. (2015), em Campus dos Murundus no estado de Goiás, contabilizaram 21. O número de espécies dos FMAs identificados no ecossistema de mata nativa (16 espécies) neste trabalho, foi maior do que aquela encontrada por Santos et al. (2013) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Montana (15 espécies) e plantio de eucalipto no sul da Bahia. E foi menor que os encontrados por Caproni (2001) em solos de mata nativa natural e em solos recuperados com vegetação nativa após mineração de bauxita no estado do Pará.

A composição das espécies dos FMAs, em determinadas épocas, pode estar associada às diferentes espécies da vegetação local às quais possuem diferentes suscetibilidade de associação (ALLEN, 1991) favorecendo ou não a esporulação de cada espécie. Podendo também estar associadas às propriedades químicas e físicas do solo e climáticas com diferentes graus de afinidade (SMITH; READ, 1997), à planta hospedeira através de sinalizadores moleculares (VIERHEILIG; LERAT; PICHE, 2003) e a espécies que esporulam e que não esporulam em alguma época do ano.

O maior número de espécies de FMAs são do gênero *Acualospora* (9) e *Glomus* (8) conforme mostra a Tabela 1. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Gomide et al. (2014), onde nas fitofisionomias estudadas no pantanal da Nhecolândia/MS, independentemente da época de amostragem, a maior proporção de espécies pertenceu

aos gêneros *Acaulospora* e *Glomus*. Nidheesh et al. (2018) encontraram estes gêneros em maior frequência nos plantios de banana. Jefwa et al. (2012) encontraram os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* com a dominância de 56,9% e 36,8%, respectivamente, com a presença de propágulos infectivos em plantios convencionais de banana no distrito de Maragua, próximo à capital do Quênia, na África. Stümer (1999); Caproni (2003); Silva et al. (2017) afirmam que as espécies do gênero *Acaulospora* são mais frequentes em solos ácidos, seguido do gênero *Glomus*. Sendo uma das explicações a adaptabilidade destes gêneros nos solos estudados, ou segundo Benedetti et al. (2005), por suportarem grandes variações de pH do solo. Outra explicação para o fato de haver maior predominância dos gêneros *Acaulospora* e *Glomus* é que o maior número de espécies identificadas até o momento pertence a estes gêneros, conforme relatado por Souza; Silva; Berbara (2008).

As espécies *Acaulospora mellea*, *A. morrowiae, A. scrobiculata*, ENI (espécie não identificada)*, Glomus macrocarpum, Scutellospora calospora* e *Scutellospora* foram encontradas nos SAFs e na mata natural. Algumas destas espécies de FMAs foram constatadas como espécies comumente encontrada em vários ecossistemas diferentes, como no trabalho realizado por Costa et al. (2016) identificaram *A. morrowiae* e *S. calospora* em ecossistemas rupestrianos no estado de Minas Gerais. Jefwa (2012) identificaram *A. scrobiculata* como dominante e uma pequena representação do gênero *Scutellospora* em rizosfera de bananeira. Assis et al. (2014) encontraram as espécies *A. scrobiculata, G. macrocarpum* e *C. etunicatum* em sua pesquisa em todas as suas áreas estudadas. O número de esporos de *A. scrobiculata* variou de 44 a 599, enquanto que Stürmer e Bellei (1994) encontraram 160 esporos diretamente coletados do campo em período seco. Caproni et al. (2003) encontraram esporos de *Acaulospora mellea*, *A. morrowiae, A. scrobiculata* apresentando frequência de ocorrência entre 25 e 64% no período seco, em ecossistemas de mata natural no município de Porto Trombetas no Pará.

Destacou-se na frequência de ocorrência (Tabela 2) as espécies *Acaulospora scrobiculata* (presente em 68% das amostras dos solos) e *Glomus macrocarpum* (presente em 60% das amostras dos solos), seguido das espécies *Gigaspora decipiens* (38%)*, Scutellospora* sp1 (34%), *Glomus microagregatum* (32%)*, Sctellospora calospora* (32%) e *Acaulospora morrowia* (30%). Jefwa et al. (2012) também encontraram *A. scrobiculata* com uma alta frequência de ocorrência em plantio de bananeira na África e Melo et al. (1997), encontraram *A. scrobiculata* em alta frequência de ocorrência em rizosfera de bananeira e mencionam em seu trabalho a presença desta espécie em vários ecossistemas brasileiro. A espécies *G. macrocarpum* é comumente encontrada por outros pesquisadores como Santos; Scoriza; Ferreira (2013) em três diferentes coberturas florestais. Em um estudo feito por Miranda; Silva; Saggin-Junior (2010), a espécie *G. macrocarpum* também teve alta frequência de ocorrência e dominância na maioria das áreas amostradas, sugerindo estar associada a presença de gramíneas, tendo alta afinidade desta espécie com a planta nas condições edafoclimáticas locais. Estes mesmos autores enfatizam que a espécie *G.*

macrocarpum é uma espécie que se adapta em áreas com diferentes graus de perturbação. A alta frequência e a alta densidade desta espécie indicou para Caproni et al. (2003) uma alta capacidade de esporulação ou alta adaptabilidade à região e em situações iniciais independentes das condições climáticas.

Algumas espécies de *Acaulospora* têm sido encontradas com alta frequência de ocorrência. Siqueira; Colozzi-Filho; Oliveira (1989) encontraram *Acaulospora morrowiae,* durante o verão em vários ecossistemas do estado de Minas Gerais, com elevada frequência de ocorrência (acima de 90%). Carrenho (1998) encontrou *Acaulospora foveata,* com uma frequência de ocorrência de 30%, em um solo cultivado com milho. Foi relatada também em um solo florestal por Klironomos et al. (1998), com mais de 95% da população total dos esporos, sendo negativamente correlacionada com o pH, mostrando uma tendência de sua preferência a solos mais ácidos. Já *A. scrobiculata* indicou maior ocorrência em um solo com pH entre 6 a 8,8 (62 a 87% de frequência de ocorrência) revegetados pós mineração de carvão no Norte da Índia (Mehrotra, 1998) do que em solos com pH entre 3,6 a 4,5 (4 a 25% de frequência de ocorrência).

O gênero *Entrophospora* foi representado por somente uma espécie na mata natural, a qual não foi possível a identificação e apresentou com uma frequência de ocorrência de 2%. Espécies deste gênero foi identificada por Caproni et al. (2001) em frequência de ocorrência de 25% no período seco em ecossistemas de mata natural e em recuperação. Espécies deste gênero tem sido relatada como de ocorrência equatorial, e em solos perturbados e revegetados (Cuenca; Andrade; Escalante, 1998), tendo ainda ampla distribuição nos ecossistemas brasileiros (Siqueira; Colozzi-Filho; Oliveira*,* 1989; Carrenho, 1998; Martins et al*.,* 1999). Segundo Mehrotra (1998) esta espécie apresenta maior esporulação em solos ácidos que neutros ou alcalinos.

Das espécies do gênero *Gigaspora, G. decipiens* apresentou frequência de ocorrência de 38%. Não foi encontrado indicações em literatura sobre a sazonalidade desta espécie, mas foi citada por Clark (1997) como uma espécie comum de solos ácidos da América do Sul, tendo baixa esporulação em solos com pH 4,5 e alta em pH 5,5. Já *Gigaspora rosea* apresentou frequência de ocorrência de 2%. Este gênero é mencionado por outros autores como indiferentes às variações sazonais e com baixa produção de esporos na maioria dos ecossistemas (ABBOT; ROBSON, 1991).

Foram encontradas, no período seco, 8 espécies do gênero *Glomus*. Esporos de *Glomus ambisporum, G. macrocarpum, G. microagregatum, G.* (sp1, sp2 e sp3), *G. tenebrosum, G. tortuosum*. A espécie *Glomus macrocarpum* foi identificada nos SAFs e na mata natural. Esta grande frequência de ocorrência alta densidade desta espécie dá uma indicação de maior adaptação às variações ambientais do que as demais espécies. Segundo Caproni et al. (2003), o ambiente de baixo pH, baixo conteúdo de P e baixo conteúdo de matéria orgânica pareceu favorecer a esporulação e ocorrência desta espécie, embora outros fatores como a biota do solo e clima da região, também devem

ter influenciado. É importante conhecer mais detalhadamente a ecologia desta espécie de FMA, pois apresenta potencial para adaptação em programas de recuperação de áreas degradadas.

Scutellospora calospora e *Scutellospora* sp1 ocorreram nos SAFs e na mata natural, porém com baixa frequência de ocorrência (Tabelas 1 e 2). As espécies do gênero *Scutellospora* apresentaram boa relação entre frequência de ocorrência e densidade relativa de esporos, mas nem sempre isto ocorre. Quando ocorre a falta de relação entre frequência de ocorrência e abundância de esporos pode ser indicativo de distribuição espacial desuniforme dos esporos no solo (TEWS; KOSKE, 1986).

ESPÉCIES	SAF JP	SAF AB	SAF AM	SAF BD	Floresta Natural
Acaulospora colossica P.A. Schultz, Bever & J.B. Morton (1999)	6	0	0	0	0
Acaulospora sp1	0	0	0	0	23
Acaulospora sp2	7	2	0	0	314
Acaulospora laevis Błaszk. (1995)	0	12	0	0	33
Acaulospora mellea Spain & N.C. Schenck (1984)	94	4	42	9	78
Acaulospora morrowiea Spain & N.C. Schenck (1984) [as 'morrowae']	49	91	10	34	98
Acaulospora rehmii Sieverd. & S. Toro (1987)	15	13	28	0	0
Acaulospora scrobiculata Trappe (1977)	307	550	599	542	44
Acaulospora tuberculata Janos & Trappe (1982)	43	46	0	345	0
Ambispora brasiliensis (B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl) C. Walker, M. Krüger & A. Schüßler (2011)	0	0	6	0	13
Ambispora callosa (Sieverd.) C. Walker, Vestberg & Schuessler	6	0	0	0	0
Ambispora leptoticha C. Walker, Vestberg & Schuessler (2007)	0	0	0	0	43
ENI	19	6	65	28	116
Entrophospora sp1	0	0	0	0	39
Funneliformis geosporum C. Walker & Schuessler (2010)	0	0	0	44	0
Gigaspora decipiens I.R. Hall & L.K. Abbott (1984)	519	24	75	38	0
Gigaspora rosea T.H. Nicolson & N.C. Schenck (1979)	0	6,4	0	0	0
Glomus ambisporum G.S. Sm. & N.C. Schenck (1985)	0	0	0	38	0
Glomus macrocarpum Tul. & C. Tul. (1845)	502	57	135	379	172
Glomus microagregatum	41	183	915	224	0
Glomus sp1	28	0	263	0	0
Glomus sp2	11	0	0	0	0
Glomus sp3	0	0	0	52	0
Glomus tenebrosum (Thaxt.) S.M. Berch	0	0	8	0	0
Glomus tortuosum Błaszk. & Chwat (2013)	0	47	0	0	0

Kuklospora colombiana (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever (2010)	0	15	31	0	25
Paraglomus brasilianum J.B. Morton & D. Redecker (2001)	0	11	15	12	23
Paraglomus occultum (C. Walker) J.B. Morton & D. Redecker	0	40	0	34	0
Scutellospora calospora C. Walker & F.E. Sanders (1986)	73	51	27	100	11
Scutellospora cerradensis Spain & J. Miranda (1996)	0	15	0	99	0
Scutellospora sp1	122	167	40	52	4
Scutellospora sp2	0	0	0	9	0
Scutellospora weresubiae Oehl, F.A. Souza & Sieverd. (2008)	0	0	12	0	21
NÚMERO DE ESPÉCIES	16	19	16	17	16

Tabela 1 - Densidade dos esporos das espécies de FMAs em 100 mL das amostras de terra coletadas em setembro/2019 (período seco) nos Sistemas Agroflorestais e em Mata Natural, em áreas alagáveis no município de Guajará-Mirim/RO.

ESPÉCIES	Floresta Natural	SAF JP	SAF GZ	SAF BD	SAF SR	FO total
	FO%					
Acaulospora colossica P.A. Schultz, Bever & J.B. Morton (1999	10	0	0	0	0	2
Acaulospora laevis Błaszk. (1995)	0	20	0	0	20	8
Acaulospora mellea Spain & N.C. Schenck (1984)	40	10	30	10	50	28
Acaulospora morrowiea Spain & N.C. Schenck (1984) [as ‘morrowae’]	30	50	20	20	30	30
Acaulospora rehmii Sieverd. & S. Toro (1987)	10	10	40	0	0	12
Acaulospora scrobiculata Trappe (1977)	50	100	100	60	30	68
Acaulospora sp1	0	0	0	0	10	2
Acaulospora sp2	10	10	0	0	80	20
Acaulospora tuberculata Janos & Trappe (1982)	20	10	0	40	0	14
Ambispora brasiliensis (B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl) C. Walker, M. Krüger & A. Schüßler (2011)	0	0	10	0	10	4
Ambispora callosa (Sieverd.) C. Walker, Vestberg & Schuessler	10	0	0	0	0	2
Ambispora leptoticha C. Walker, Vestberg & Schuessler (2007)	0	0	0	0	10	2
ENI	10	10	30	20	30	20
Entrophospora sp1	0	0	0	0	10	2
Funneliformis geosporum C. Walker & Schuessler (2010)	0	0	0	20	0	4
Gigaspora decipiens I.R. Hall & L.K. Abbott (1984)	80	30	60	20	0	38
Gigaspora rosea T.H. Nicolson & N.C. Schenck (1979)	0	10	0	0	0	2
Glomus ambisporum G.S. Sm. & N.C. Schenck (1985)	0	0	0	10	0	2
Glomus macrocarpum Tul. & C. Tul. (1845)	90	40	20	90	60	60

Glomus microagregatum	20	40	70	30	0	32
Glomus sp1	20	0	70	0	0	18
Glomus sp2	10	0	0	0	0	2
Glomus sp3	0	0	0	20	0	4
Glomus tenebrosum (Thaxt.) S.M. Berch	0	0	10	0	0	2
Glomus tortuosum Błaszk. & Chwat (2013)	0	40	0	0	0	8
Kuklospora colombiana (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever (2010)	0	10	20	0	20	10
Paraglomus brasilianum J.B. Morton & D. Redecker (2001)	0	10	10	10	20	10
Paraglomus occultum (C. Walker) J.B. Morton & D. Redecker	0	30	0	20	0	10
Scutellospora calospora C. Walker & F.E. Sanders (1986)	20	50	40	40	10	32
Scutellospora cerradensis Spain & J. Miranda (1996)	0	10	0	20	0	6
Scutellospora sp1	30	60	40	30	10	34
Scutellospora sp2	0	0	0	10	0	2
Scutellospora weresubiae Oehl, F.A. Souza & Sieverd. (2008)	0	0	20	0	20	8
NÚMERO DE ESPÉCIES	16	19	16	17	16	33

Tabela 2 - Frequência de ocorrência (FO%) das espécies dos FMAs em 100 mL das amostras de terra coletadas em setembro/2019 (período seco) nos Sistemas Agroflorestais e em Mata Natural, em áreas alagáveis no município de Guajará-Mirim/RO.

A riqueza de espécies de FMAs variou entre 16 e 19 espécies (Tabela 1), nos sistemas estudados (Tabela 1). Higo et al. (2015) e Boeraeve; Honnay; Jacquemyn (2019) sugerem que os fatores abióticos como clima, sazonalidade de crescimento, região geográfica ou manejo agrícola podem ser mais importantes na determinação das comunidades dos FMAs em dado ecossistema, que a cobertura vegetal. Por outro lado, de acordo com Pereira et al. (2014), a cobertura vegetal é de grande importância na seleção de espécies de FMAs. No presente estudo, a cobertura vegetal, a umidade do solo e o pH podem ter sido determinantes na seleção do número de espécies e de espécies exclusivas de FMAs para o período seco.

Os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson (Figura 1) não foram significativamente diferentes nos SAFs em comparação com a mata natural. Pode ser um indicativo de estabilidade nestas áreas/épocas secas. Estes índices estão indicando não haver diferenças na esporulação das espécies de FMAs nos SAFs e na mata natural, embora a dominância de *A. scrobiculata* e *G. macrocarpum,* não indicaram discrepância nos cálculos destes índices.

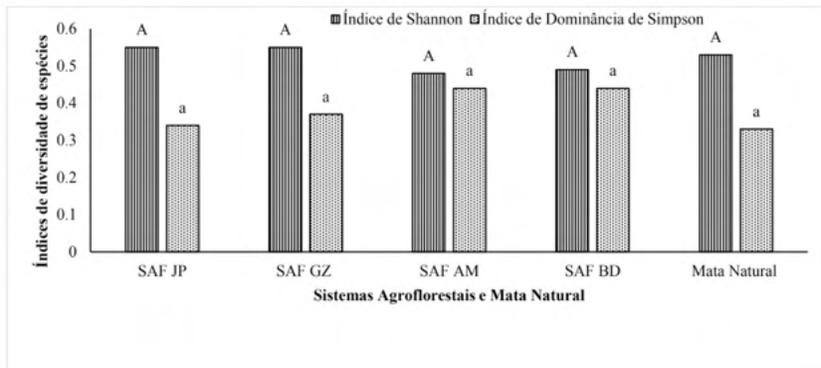



Figura 5 - Índices de diversidade de Shannon-Wiener e de dominância de Simpson de FMAs, em amostras de solos coletadas em setembro/2019 (final da época seca) nos Sistemas Agroflorestais e em Mata Natural, em áreas alagáveis no município de Guajará-Mirim/RO (Teste de Tukey a 5%).

4 I CONCLUSÕES

Vale salientar que este é um dos primeiros trabalhos que se faz relatos sobre a biodiversidade dos FMAs nos SAFs e na mata natural no município de Guajará-Mirim/RO. Este trabalho vem a contribuir com os aspectos ecológicos desta região.

Um total de 33 táxons de fungos micorrízicos arbusculares foram identificados, e as espécies *Acaulospora mellea, Acaulospora morrowiea, Acaulospora scrobiculata, Glomus macrocarpum*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora* sp1 foram observadas em todos os SAFs e mata natural ao longo do rio Madeira Mamoré, no período seco.

A riqueza de espécies de FMAs varia entre 16 e 19 nos SAF e na mata natural.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener e de dominância de Simpson não variou entre os SAFs e mata natural ao longo do Rio Madeira Mamoré, indicando estabilidade nesses ecossistemas, na época seca.

REFERÊNCIAS

ABBOT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the ocurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdan, v. 35, p. 121-150, 1991.

ALLEN, M.F. **Ecology of Mycorrhizae.** Cambridge University Press, New York, 1991.

ASSIS, P. C. R. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n. 6, p. 1703-1711, 2014.

BENEDETTI, T. et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, v.4, p.44-51, 2005.

BOERAEVE, M.; HONNAY, O.; JACQUEMYN, H. Local abiotic conditions are more important than landscape contexto for structuring arbuscular mycorrhizal fungal communities in the roots of a forest herb. **Oecologia**, v. 190, p. 149-157, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00442-019-04406-z. Acesso em: mai de 2020.

BRAGHIROLLI, F. L. et al. Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares e fixação de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n.3, p. 733-743, mai./jun. 2012.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H.; VON ENDE, C. N. **Field and laboratory methods for general ecology**. 3.ed. Dubuque: Wm C. Brown Publischers, 1990.

CAPRONI, A. L. et al. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasilia, v.38, n.12, p. 1409-1418, dez. 2003.

CAPRONI, A.L. et al. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in an Amazon Environment after Mining. **Floresta e Ambiente,** v.25, n.3, 2018. https://doi.org/10.1590/2179-8087.022415 ISSN 2179-8087 (online).

CAPRONI, A.L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em porto trombetas/PA**. 2001. 194f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

CARNEIRO et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregates from fields of “murundus” converted to agriculture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.313-321, 2015.

CARRENHO, R. **Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).** 1998. 226f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CLARK, R. B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. **Plant and Soil**, Hague, v. 192, p. 15-22, 1997.

COSTA, H.A.O. et. al. Species richness and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in *Syngonanthus elegans,* na endemic and threatened species from the cerrado domain in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.40, n.3, p.326-336, mai/jun., 2016.

COSTA, R. S. C. da Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais em duas comunidades rurais do Amazonas. 2010. 140 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. diversity of glomalean spores from natural, disturbed and revegeted communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology of Biochemistry**, Oxford, v.30, n.6, p. 711-719, 1998.

DUBOIS, J.C.; VIANA, V.M.; ANDERSON, A.B. **Manual Agroflorestal para a Amazônia**: primeiro volume. Rio de Janeiro, RJ. REBRAF. 1997. 228p.

FERNANDES, R.A. et al. Occurrence and species richness of mycorrhizal fungi in soil under different land use. **Canadian Journal of Soil Science,** v.96, p.271–280, 2016.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, p. 235-244, 1963.

GOMIDE, P. H. O. et al. Processos e propriedades do solo. Fungos micorrízicos arbusculares em fitofisionomias do pantanal da nhecolândia, mato grosso do sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 38, p. 1114-1127, 2014.

HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. **MYCORRHIZAL Symbiosis**. London: Academic Press, 1983.

HIGO, M. et al. Influência da época de semeadura e identidade de safra na estrutura da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares raízes colonizadoras de duas espécies diferentes de gramíneas graminais e leguminosas. **Advances in Microbiology**, v.5, p.107-116, 2015.

JEFWA, J.M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of banana and plantain and the growth of tissue culture cultivars. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.157, p24-31, 2012.

KLIRONOMOS, J.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P. AM fungal diversity influences plant diversity and producting. In: International conference on micorrhiza. 2**. Abstract...** Uppsala, Swedish University of Agricultural Sicences, p.99, 1998.

LEAKEY, R.R.B. The Role of Trees in Agroecology and Sustainable Agriculture in the Tropics. Annu. **Revew Phytopathol**, v.52, p.113-133, 2014.

LEAL, P. L.; SIQUEIRA, J. O.; STURMER, S. L. Switch of tropical amazon forest to pasture affects taxonomic composition but not species abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal community. **Applied Soil Ecology,** v.71, p.72-80, 2013. https:// doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.05.010.

LOREE, M. A. J. and WILLIAMS, S. E. Colonization of western wheatgrass (Agropyron smithii Rydb.) by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi during the revegation of a surface mine. **New Phytologist,** 106, 735-744, 1987.

MARTINS, C. R; MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kinth em áreas degradadas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 665-674, 1999.

MEHROTRA, V. S. Arbuscular mycorrhizal associations of plants colonizing coal mine spoil in India. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 130, p. 125-133, 1998.

MELO, A.M.Y.; MAIA, L.C.; MORGADO, L.B. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do submédio São Francisco. **Acta Botanica Brasilica**, v.11, p.115-121, 1997.

MIRANDA, E.M. de; SILVA, E.M.R. da; SAGGIN-JUNIOR, O.J. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v.40, p.13-22, 2010.

NIDHEESH, et al. Ecology of endomycorrhizal association in musa spp. Of South India. **Symbiosis**, v.74, p.199-2014, 2018.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 7, n. 2, sep. 2012. ISSN 1980-9735. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/10050>. Acesso em: 26 ago. 2021.

PEREIRA, C. M. R.; DA SILVA, D. K. A.; DE ALMEIDA FERREIRA, A. C.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic forest areas under different land uses**. Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 185, p. 245-252, 2014.

PIELOU, E. C. **Mathematical Ecology**. New York, Wiley, 1987. 385p.

RIBEIRO, J.M. et al. Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 913-923, abr./jun. 2019.

ROCHA, B.C.F. Land use and vegetation cover on native symbionts and interactions with cowpea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.2, p.116-121, 2017

SANTOS, R. S.; SCORIZA, R. N.; FERREIRA, J. S. Fungos micorrízicos arbusculares em diferentes coberturas florestais em Vitória da Consquista, Bahia. **Floresta e Ambiente**, jul/set, v.20, n.3, p. 344-350, 2013.

SANTOS, T.P. dos et al. Fungos micorrizicos arbusculares em floresta nativa, cerrado e pastagem no município de Guajará-Mirim/RO como bioindicador de estabilidade. Meio Ambiente em Foco, v.5, p.44-55, 2019.

SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi**, 2 ed., University of Florida, Gainesville, Florida, 241p. 1988.

SIEVERDING, E. **Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Managemment.** Technical Cooperation-Federal, Republik of German, Eschborn. 1991.

SILVA, M. de S. da S. et al. Esporos de fungos micorrízicos arbusculares em lavouras de cafeeiros (*Coffea canephora* L.) no estado de Rondônia. 14 congresso nacional de meio ambiente, poços de caldas, 26 a 29 de setembro de 2017.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., eds. **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.257-282, 1992.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, 1989.

SMITH, S. E.; READ, D. J. Vesicular-arbuscular mycorrhizas. *In:* SMITH, S. E.; READ, D. J. (EDS.) **Mycorrhizal symbiosis**, 2 ed., London, Academic Press, 1997. p.9-160.

SOUZA, F. A. de; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSSARD, L., eds. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. p.483-536.

SOUZA, G.I.A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural and forest. **Systems global science and technology,** v. 03, n. 02, p. 1-9, 2010.

STÜMER, S.L. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S. GUILHERME, L.R.G.; FARQUIM, V.; FUTINI NETO, A.E; CARVALHO, J.G. (eds.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Lavras, pp. 797-817, 1999.

STÜRMER, S.L.; BELLEI, M.M. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. **Canadian Journal of Botany**, v. 72, n. 3, p. 359-363, 1994.

TEWS, I.I.; KOSKE, R.E. Toward a sampling strategy for a vesicular-arbuscular mycorrhiza. **Transactions of the British Mycological Society,** v.87, p.353-358. 1986.

VIERHEILIG, H.; LERAT, S.; PICHE, Y. Systemic inhibition of arbuscular mycorrhiza development by root exudates of cucumber plants colonized by Glomusmosseae. **Mycorrhiza**, v. 13, p. 167-170, 2003.

CAPÍTULO 13

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SOLO CULTIVADO COM TOMATEIRO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA DE LEITE

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 05/09/2021

Marcos Filgueiras Jorge
Bolsista de extensão da Fundação Oswaldo Cruz, FIOTEC, FIOCRUZ
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/3695095692842932

Leonardo Duarte Batista da Silva
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/1665042657360760

Dinara Grasiela Alves
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/2325866065029383

Geovana Pereira Guimarães
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/2739155204816434

Jane Andreon Ventorim
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/6169354490335369

Antonio Carlos Farias de Melo
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/7779288525756370

Lizandra da Conceição Teixeira Gomes de Oliveira
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/2386103701625891

Rozileni Piont Kovsky Caletti
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/7341751521440778

Jonathas Batista Gonçalves Silva
Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora – MG
http://lattes.cnpq.br/3119505461707034

RESUMO: Águas residuárias da bovinocultura de leite, oriundas do grande volume de água que é utilizado para a limpeza das fezes e urina, vêm sendo ultimamente utilizadas com maior frequência na irrigação por repor ao solo muito dos nutrientes necessários para o desenvolvimento de uma cultura. Além disso, é uma forma ecologicamente correta de reciclar os

resíduos gerados no setor produtivo, desde que manejada com critérios técnicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da fertirrigação com água residuária da bovinocultura de leite sobre as características químicas do solo cultivado com o tomateiro. O trabalho foi realizado de maio a setembro de 2012. Os tratamentos consistiram de seis doses de nitrogênio (0, 50, 100, 200, 300 e 400%) com base na recomendação para o tomateiro (100 kg ha^{-1}) fornecida por meio da fertirrigação com água residuária de bovinocultura de leite. O experimento foi conduzido em um arranjo completamente aleatorizado, sendo cada tratamento constituído por oito repetições de parcelas com quatro plantas, totalizando 32 plantas em cada tratamento. As variáveis avaliadas foram: fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio, matéria orgânica, ferro, manganês e pH. Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$); sendo significativos, estes foram testados por modelos de regressão. A aplicação de água residuária de bovinocultura de leite ocasionou alterações químicas no solo apenas na concentração de cálcio, os demais nutrientes avaliados não apresentaram diferenças significativas. A adubação utilizando água residuária da bovinocultura de leite como fonte de nutrientes é parcial, sendo necessária uma adubação complementar.
PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, disposição final, reuso da água, fertilidade do solo.

CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL CULTIVATED WITH TOMATO IRRIGATED WITH WASTEWATER FROM DAIRY CATTLE

ABSTRACT: Wastewater from dairy cattle, originating from a large volume of water that is used for cleaning feces and urine, and lately used more frequently in irrigation by reporting to the soil much of the nutrients used for the development of a crop. In addition, it is an ecologically correct way to recycle waste generated in the productive sector, provided it is handled with technical specialists. This study aimed to evaluate the effects of dairy cattle wastewater fertigation on the chemical characteristics of a soil cultivated with tomato. The study was conducted from May to September 2012. The treatments consisted of six nitrogen doses (0, 50, 100, 200, 300 and 400%) based on the recommendation for tomato (100 kg ha^{-1}), through fertigation using dairy cattle wastewater. The experiment was set in a completely randomized design, with eight replicates and four plants in each plot, totaling 32 plants in each treatment. The following variables were evaluated: phosphorus, nitrogen, potassium, calcium, organic matter, iron, manganese and pH. The results were subjected to analysis of variance ($p \leq 0.05$); if significant, the data were tested using regression models. The application of wastewater from dairy cattle caused chemical changes in the soil only in the concentration of calcium, the others nutrients showed no significant differences. The fertilization using wastewater from dairy cattle as a source of nutrients is partial, an additional fertilization is necessary.
KEYWORDS: *Solanum lycopersicum*, final disposal, reuse of water, soil fertility.

1 | INTRODUÇÃO

A redução da disponibilidade de recursos hídricos vem ocasionando fortes mudanças na agricultura e, consequentemente, alternativas estão sendo usadas para otimizar a utilização desses recursos como é o caso do reuso da água.

A quantidade de dejetos produzidos diariamente por bovinos de leite é um dos maiores problemas em sistemas de manejo intensivo. A disposição dos resíduos das instalações animais tem se constituído num desafio para criadores e especialistas, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos. Aliado a isto, os efluentes orgânicos oriundos de sistemas de produção leiteira confinada, quando lançados num corpo receptor, provocam alterações físicas e químicas nos mananciais, oferecem riscos à saúde pública e ao abastecimento, porque podem estar presentes na água potável elementos patogênicos e/ou tóxicos (Silva e Roston, 2010).

Nesse sentido, as águas residuárias da bovinocultura de leite (), oriundas do grande volume de água que é utilizado para a limpeza das fezes e urina, vêm sendo ultimamente utilizadas com maior frequência na irrigação por repor ao solo muito dos nutrientes necessários para o desenvolvimento de uma cultura. Além disso, é uma forma ecologicamente correta de reciclar os resíduos gerados no setor produtivo, desde que manejada com critérios técnicos.

A taxa de aplicação dessa água depende da capacidade do sistema solo-planta em absorver o resíduo aplicado sem comprometer a qualidade do solo, da planta e nem das águas subterrâneas (Erthal et al., 2010). Segundo com estes autores, geralmente, os teores de nitrogênio têm sido utilizados como referenciais na determinação da lâmina a ser aplicada na fertirrigação.

Dentre as culturas mais exigentes em nutrientes nitrogenados está a cultura do tomateiro (Zotarelli et al., 2009), a qual é largamente produzida no Brasil. Adicionalmente, essa cultura apresenta elevados custos de produção devido à maior necessidade de fertilizantes e agroquímicos (Agrianual, 2009). Assim, o uso da ARB pode representar uma importante alternativa para ser utilizada na fertirrigação do tomateiro.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da fertirrigação com água residuária da bovinocultura de leite sobre as características químicas do solo cultivado com o tomateiro.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Centro Estadual de Pesquisa em Agricultura Orgânica (CEPAO/PESAGRO-Rio), localizado no município de Seropédica (latitude 22º48’00’’S; longitude 43º41’00’’W; altitude de 33 metros), RJ - Brasil, no período compreendido entre maio e setembro de 2012. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, construída por elementos estruturais em madeira do tipo “Sabiá”, com cobertura de plástico agrícola de 150 micras, aluminet e sombrite com nível de 50% de sombreamento nas laterais.

A cultura utilizada foi a do tomateiro tipo “cereja”, cv. Perinha Água Branca a qual foi cultivada sob manejo orgânico. O cultivo foi conduzido em vasos de 12L, cujo substrato foi preparado a partir de uma mistura homogênea de 3 partes de argila e 2 partes de areia, 1

parte de substrato comercial Top Garden do tipo “solo base” como condicionador de solo e 2% de composto orgânico proveniente da compostagem de bagaço de cana, por meio de gongolos.

Foi realizada, ainda, uma adubação inicial com a aplicação de calcário dolomítico PRNT 95%, termofosfato 16,5% de P_2O_5 e sulfato de potássio 50% de K_2O, com vistas à correção da acidez e à elevação dos teores iniciais dos nutrientes fósforo e potássio.

A ARB foi preparada de maneira a conservar características semelhantes àquelas apresentadas por Erthal et al. (2010), sendo que, no seu preparo, foi utilizada 70% de água limpa de poço sem nenhum tratamento químico e 30% do volume de esterco bovino fresco coletado do curral do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) da Embrapa-Agrobiologia, Seropédica/RJ.

A caracterização da água residuária foi realizada no Laboratório de Monitoramento Ambiental I – Águas e Efluentes, do Departamento de Engenharia da UFRRJ, cujos valores de pH, condutividade elétrica, sólidos totais, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, N-NH4+ e fósforo total foram respectivamente, 7,38, 2,55 mS cm^{-1}, 22.100,00 mg L^{-1}, 20.080,00 mg L^{-1}, 4.712,00 mg L^{-1}, 486,50 mg L^{-1}, 117,50 mg L^{-1} e 75,00 mg L^{-1}. As análises da ARB preparada foram realizadas conforme métodos recomendados por APHA (1995).

De modo a quantificar a lâmina de ARB aplicada nos tratamentos, adotou-se o nitrogênio como nutriente de referência na fertirrigação do cultivo do tomate. A dose de nitrogênio foi aplicada com base na recomendação de Lima et al. (1992) para a cultura do tomateiro que é de 100 kg ha^{-1} para um ciclo de cultivo de 180 dias.

Os tratamentos avaliados foram: T1- Testemunha (irrigação com água limpa); T2 - 50% da dose de N recomendada para o tomateiro foi fornecida por meio da fertirrigação com ARB; T3 - 100% da dose de N recomendada para o tomateiro foi fornecida por meio da fertirrigação com ARB; T4 - 200% da dose de N recomendada para o tomateiro foi fornecida por meio da fertirrigação com ARB; T5 - 300% da dose de N recomendada para o tomateiro foi fornecida por meio da fertirrigação com ARB; T6 - 400% da dose de N recomendada para o tomateiro foi fornecida por meio da fertirrigação com ARB. As respectivas lâminas de ARB aplicadas ao longo do ciclo da cultura foram de 0,0; 25,67; 51,34; 102,68; 154,02 e 205,36 mm.

A irrigação da cultura foi realizada por um sistema de irrigação localizada utilizando gotejadores. As irrigações eram realizadas a fim de se retornar a umidade do solo para próxima da capacidade de campo.

As características químicas do solo antes de serem aplicados os tratamentos podem ser visualizadas na Tabela 1. As análises químicas do solo utilizado no experimento foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV/ MG/ Brasil).

Característica	Valor
pH em água (1:2,5)	5,1
Nitrogênio total (dag kg^{-1})	0,1
Fósforo (mg dm^{-3})	19
Potássio (mg dm^{-3})	106
Cálcio ($cmol_c$ dm^{-3})	3,0
Matéria orgânica (dag kg^{-1})	2,39
Ferro (mg dm^{-3})	54,1
Manganês (mg dm^{-3})	18,2

Tabela 1. Características químicas do solo antes de serem aplicados os tratamentos com diferentes doses de água residuária de bovinocultura de leite

Coletaram-se, após o término do ciclo da cultura, amostras de solo composta em todas as parcelas experimentais na profundidade de 10 cm. O experimento foi conduzido em um arranjo completamente aleatorizado, sendo cada tratamento constituído por oito repetições de parcelas com quatro plantas, totalizando 32 plantas em cada tratamento.

As variáveis avaliadas foram: fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), matéria orgânica (MO), ferro (Fe), manganês (Mn) e pH.

Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$); sendo significativos, estes foram testados por modelos de regressão polinomial.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas, ao nível de 5% de significância, nos seguintes parâmetros químicos do solo: fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K), matéria orgânica (MO), ferro (Fe), manganês (Mn) e pH, avaliados no período final do ciclo do tomateiro fertirrigado com diferentes doses de água residuária de bovinocultura de leite.

Os valores médios dos parâmetros avaliados em cada tratamento podem ser visualizados na Tabela 2. De acordo com Erthal et al. (2010), os efeitos da aplicação de águas residuárias nas propriedades químicas do solo só se manifestam após longo período de aplicação e dependem das características do solo e do clima. Caovilla et al. (2010), avaliaram as características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com diferentes doses de água residuária da suinocultura e verificaram que a as concentrações de água residuária de suinocultura (ARS) utilizadas nos tratamentos não alteraram as características químicas do solo avaliadas.

Característica	Tratamento					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
pH em água (1:2,5)	5,78	5,49	5,42	5,52	5,41	5,43
Nitrogênio total (dag kg^{-1})	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07
Fósforo (mg dm^{-3})	10,5	13,86	13,86	14,81	12,85	14,68
Potássio (mg dm^{-3})	469,4	380,3	365,5	365,4	328,0	355,5
Cálcio ($cmol_c$ dm^{-3})	1,44	1,86	2,03	1,97	2,14	2,04
Matéria orgânica (dag kg^{-1})	2,83	2,86	2,89	2,71	2,97	2,81
Ferro (mg dm^{-3})	30,48	27,71	33,32	29,6	28,38	28,15
Manganês (mg dm^{-3})	12,98	14,31	15,24	15,89	14,25	15,18

T1- Testemunha (irrigação com água limpa); T2 - 50%; T3 - 100%; T4 - 200%; T5 - 300% e T6 - 400% da dose de N recomendada para o tomateiro fornecida por meio da fertirrigação com ARB

Tabela 2. Características químicas do solo no período final do ciclo do tomateiro fertirrigado com diferentes doses de água residuária de bovinocultura de leite (ARB)

Foi verificada diferença significativa apenas na concentração de cálcio (Ca) no solo. O modelo ajustado a partir dos valores médios de cálcio no solo submetido às distintas lâminas aplicadas de ARB se encontra na Figura 1. Os valores foram ajustados por um modelo polinomial de segunda ordem, em que a concentração máxima de Ca no solo foi alcançada para dose de 300% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro. Mesmo assim, a quantidade de Ca no solo após receber o tratamento T5 foi inferior à concentração desse nutriente presente no solo antes de receber o tratamento. Foram obtidos acréscimos na concentração de cálcio em relação ao tratamento T1 de 12,6; 22,6; 35,1; 37,4 e de 29,5%, respectivamente para as doses de 50, 100, 200, 300 e 400% de ARB.

Além de ser um macronutriente de baixa mobilidade no solo, o acúmulo de cálcio também pode ser explicado pelo aumento do aporte de Ca^{2+}, propiciado pela ARB sendo superior à absorção promovida pela cultura em virtude da liberação desse cátion pela mineralização da matéria orgânica presente no solo (Erthal et al., 2010). Os mesmos autores avaliaram o efeito da aplicação de água residuária de bovinocultura no solo e observaram concentrações elevadas e crescentes de cálcio de acordo com o tratamento recebido, aliado a isso, os mesmos autores verificaram que os tratamentos com ARB proporcionaram teores de Ca^{2+} superiores, quando comparados com a testemunha, porém não foi observada tendência de lixiviação, visto que a concentração não aumentou com a profundidade.

Lima et al. (2013), analisaram os efeitos do uso da água residuária de laticínios nas características químicas do solo e concluíram que a aplicação da água residuária, após o período de aplicação de efluente de cinco anos, elevou a concentração de Ca^{2+} ao longo do perfil do solo. Resultados semelhantes também foram verificados no trabalho de Andrade Filho et al. (2013), que analisaram as alterações químicas do latossolo fertirrigado com água residuária cultivado com algodoeiro em região semiárida brasileira e verificaram

diferença significativa apenas na concentração de cálcio.

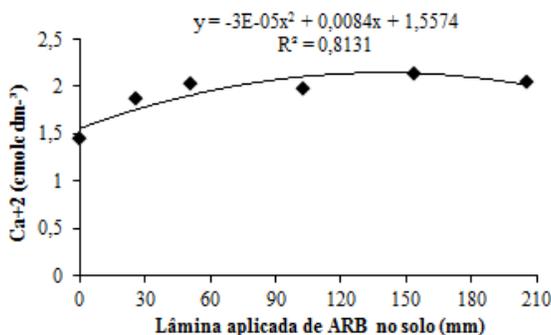



Figura 1. Valores médios de cálcio (Ca) no solo submetido às distintas lâminas aplicadas de água residuária da bovinocultura de leite (ARB)

As médias dos tratamentos obtidas para P, N, K, MO, Fe, Mn e pH foram de 13,4 mg dm^{-3}, 0,1 dag kg^{-1}, 377,3 mg dm^{-3}, 2,84 dag kg^{-1}, 29,6 mg dm^{-3}, 14,6 mg dm^{-3} e 5,5 respectivamente. Isso provavelmente indica que quanto maior a quantidade desses nutrientes disponibilizados no solo propiciado pela aplicação da ARB sob diferentes tratamentos mais esses nutrientes foram absorvidos pela cultura, pois, apesar de não haver diferença significativa ocorreu redução da concentração de alguns nutrientes no solo: P, Ca, Mg, Fe e Mn, quando comparado ao solo antes de receber os tratamentos.

Homem et al. (2014) estudaram o efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas de um Latossolo e verificaram uma diminuição da concentração dos nutrientes no solo cultivado com pastagem e atribuíram essa diminuição ao aumento da produção da forrageira, ou seja, a taxa de utilização dos nutrientes pela planta, estava sendo superior que a reposição por meio da aplicação da água residuária da suinocultura.

Apenas o K apresentou aumento de aproximadamente 300% de seu teor após receber os tratamentos. Erthal et al. (2010), verificaram aumento considerável de potássio nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, em todas as taxas de aplicação de ARB, ao longo do período experimental. Ressalta-se que, a quantidade de cada nutriente absorvido pela cultura depende de seu estádio de crescimento. O K e N são os dois nutrientes minerais absorvidos em maiores quantidades em quase todas as plantas, aliado a isso, a absorção de um elemento eleva a demanda pelo outro (Cantarella, 2007). Estudos realizados por Fayad et al. (2002), mostra que o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo tomateiro. Apesar disso, nesse trabalho, foi verificado acúmulo de K no solo, ou seja, a quantidade de K aplicada no solo pela fertirrigação foi superior à quantidade absorvida pelo tomateiro.

Em experimento realizado por Erthal et al. (2010), a concentração de P disponível

no solo aumentou apenas na camada superficial (0 - 10 cm), para todos os tratamentos com ARB e atribuíram esse comportamento devido à baixa mobilidade do P no perfil do solo, além disso, os valores médios de P disponível no solo analisado foram considerados baixos, indicando que a utilização da ARB como fonte de P é parcial, necessitando de complementação na forma mineral.

A concentração dos nutrientes que podem ser absorvidos pela planta é bastante dependente do pH do solo. Geralmente, a faixa ideal de pH para o desenvolvimento de uma cultura é de 6,0 a 6,5 (Sousa et al., 2007). Contudo, a faixa de pH ideal para que ocorra maior eficiência de absorção dos nutrientes pelo o tomateiro é de 5,5 a 6,5, ou seja, como o pH médio do solo avaliado foi de 5,5, o mesmo se encontra dentro da faixa considerada ideal para a cultura. Segundo Sousa et al. (2007), a intensidade na disponibilidade/absorção de elementos químicos do solo varia entre espécies, cultivares ou variedades de plantas. A disponibilidade de macronutrientes é baixa quando o pH do solo está próximo ou abaixo de 5,0, atingindo o valor máximo quando o pH está próximo de 7,0. Para os micronutrientes, a disponibilidade é maior em solos ácidos.

Segundo Freire et al. (2009), os nutrientes do solo são de fundamental importância para o desenvolvimento das plantas, pois as limitações na disponibilidade de cada um tanto no início como no final do ciclo vegetativo podem afetar o desenvolvimento da cultura, e a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento do nutriente a níveis adequados. De acordo com Kolota e Osinska (2000), a disponibilidade de nutrientes afeta o rendimento e a qualidade dos frutos da cultura do tomateiro.

Apesar de ocorrer aumento da concentração de Ca proveniente da matéria orgânica que foi acrescentada ao solo durante a fertirrigação não houve aumento significativo do pH do solo. Caovilla et al. (2010), avaliaram o pH, em um solo cultivado com soja irrigada com ARS, com diferentes níveis de concentração e concluíram que não houve diferenças significativas entre os valores de pH, que variaram de 4,6 a 5,4 propiciando, em todos os tratamentos alta acidez, caracterizando fator importante para a absorção de nutrientes pela cultura. Efeito não significativo de pH no solo também foram observados em diversos outros trabalhos que utilizaram água residuária de animais (Cassol et al., 2011; Condé et al., 2013).

Segundo Silva & Mendonça (2007), a adição da matéria orgânica resultará em aumento ou diminuição do pH do solo de acordo com a predominância dos processos que consomem ou liberam H+, além disso, os mesmos autores afirmam que a diversidade química dos componentes da matéria orgânica do solo está relacionada com sua diversidade de grupamentos funcionais, fazendo com que a matéria orgânica do solo tenha ação tamponante numa ampla faixa de pH do solo.

No trabalho desenvolvido por Azevedo et al. (2013), as amostras de solo coletadas nas parcelas cultivadas com pimenta malagueta apresentaram diminuição nos valores de pH com o aumento da proporção de água residuária, e os autores atribuíram isso à

mineralização do nitrogênio orgânico que resultou na liberação de íons H+.

Segundo Silva & Mendonça (2007), tem-se observado aumento do pH com a adição da matéria orgânica em solos ácidos, principalmente quando se utiliza esterco suíno e bovino. Contudo, segundo os mesmos autores, em solos alcalinos, ocorre a redução do pH devido à influência da matéria orgânica do solo sobre o aumento da concentração do CO2 durante o processo de decomposição/mineralização, contribuindo para elevar a concentração de ácido carbônico e a subsequente dissociação do ácido carbônico.

Entretanto, os problemas que podem ser ocasionados ao solo pela aplicação de águas residuárias podem variar de acordo com o tempo de aplicação, composição e quantidade aplicada. Aliado a isso, o tipo de solo e a capacidade de absorção de nutrientes pela cultura são fatores que também influenciam nas consequências da aplicação da água residuária (Condé et al., 2012).

A principal vantagem do uso de adubo orgânico em relação à aplicação de fertilizantes minerais é caracterizada pela liberação gradual dos nutrientes. Quando os nutrientes são imediatamente disponibilizados no solo, como acontece com os fertilizantes minerais, podem ocorrer perdas por volatilização (em especial o N), fixação (P) ou lixiviação (principalmente o K) (Severino et al., 2004).

A limitação principal do uso de águas residuárias na agricultura é a sua composição química e a tolerância das culturas a este tipo de efluente. Nesse sentido, o uso de água residuária na irrigação deve ser realizado de forma criteriosa, portanto, é de fundamental importância avaliar as taxas de aplicação mais adequadas da água residuária em questão, com base nos solutos presentes em maiores concentrações e determinar seus efeitos do ponto de vista agronômico e ambiental.

4 | CONCLUSÕES

A aplicação de água residuária de bovinocultura de leite ocasionou alterações químicas no solo apenas na concentração de cálcio, os demais nutrientes avaliados não apresentaram diferenças significativas.

A adubação nitrogenada no cultivo orgânico do tomateiro pode ser realizada por meio da fertirrigação com a água residuária da bovinocultura de leite.

A adubação utilizando água residuária da bovinocultura de leite como fonte de nutrientes é parcial, sendo necessária uma adubação complementar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à FAPERJ, pelo apoio financeiro e auxílio com bolsas e à CAPES pela concessão da bolsa de pós-doutorado por meio do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD).

REFERÊNCIAS

American Public Health Association (APHA), 1995. **Standart methods for examination of water and wastewater.** New York. WWA, WPCR, 541p.

Andrade Filho, J.; Sousa Neto, O. N. de; Dias, N. da S.; Nascimento, I. B. do; Medeiros, J. F. de; Cosme, C. R. 2013. **Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro.** Irriga, 18: 661-674.

Anuário da Agricultura Brasileira – **AGRIANUAL.** São Paulo: FNP, 2009. 497p.

Azevedo, J. DE; Dutra, I. C. B.; Costa, F. G. B.; Batista, R. O.; Costa, Lucas R. DA. 2013. **Alterações químicas de cambissolo fertirrigado com água residuária doméstica tratada.** Agropecuária Científica no Semiárido, 9: 66-76.

Cantarella, H. 2007. Nitrogênio. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Barros, N. F. de; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. (eds). **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 375-470.

Caovilla; F. A.; Sampaio, S. C.; Smanhotto, A.; Nóbrega, L. H. P.; Queiroz, M. M. F. de; Gomes, B. M. 2010. **Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14: 692–697.

Cassol, P. C.; Silva, D. C. P. da; Ernani, P. R.; Klauberg Filho, O.; Lucrécio, W. 2011. **Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejeto suíno e adubo solúvel.** Revista de Ciências Agroveterinárias, 10: 103-112.

Condé, M. S.; Almeida Neto, O. B. de; Homem, B. G. C.; Ferreira, I. M.; Silva, M. D. 2013. **Impacto da fertirrigação com água residuária da suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo.** Vértices, 15: 161-178.

Condé, M. S.; Homem, B. G. C.; Almeida Neto, O. B.A de; Santiago, A. M. F. 2012. **Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), 2: 99-106.

Erthal, V.J.T.; Ferreira, P.A.; Matos, A.T.; Pereira, O.G. 2010. **Alterações físicas e químicas de um argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14: 467-477.

Fayad, J. A.; Fontes, P. C. R.; Cardoso, A. A.; Finger, F. L.; Ferreira, F. A. 2002. **Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido.** Horticultura Brasileira, 20: 90-94.

Freire, E. de A.; Ferreira, A. C.; Formiga; M. do S.; Travassos, K. D. 2009. **Avaliação da fertilidade do solo em perímetro irrigado no Ceará.** Revista Educação Agrícola Superior, 24: 32-34.

Homem, B. G. C.; Almeida Neto, O. B. de; Condé, M. S.; Silva, M. D.; Ferreira, I. M. 2014. **Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo.** Científica, 42: 299–309.

Kolota, E.; Osinska, M. 2000. **The effect of foliar nutrition on yield of greenhouse tomatoes and quality of the crop.** Acta Physiology Plant, 22: 373-376.

Lima, E.; Zonta, E.; Campos, D. V. B. de; Balieiro, F. de C; Guerra, J. G. M.; Polidoro, J. C.; Freire, L. R.; Anjos, L. H. C. dos; Leal, M. A. de A.; Malavolta, E. 1992. **ABC da análise de solos e folhas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 126p.

Lima, V. I. A.; Alves, S. M. C.; Oliveira, J. F. de; Batista, R. O.; Pinheiro, J. G.; Souza, L. di. 2013. **Desempenho do sistema de tratamento de água residuária de laticínios e os efeitos de sua disposição em Argissolo,** Water Resources and Irrigation Management, 2: 93-101.

Severino, L.S.; Costa, F. X.; Beltrão, N. E. de M.; Lucena, A. M. A. de; Guimarães, M. M. B. 2004. **Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, 5: 1-6.

Silva, E.M. da; Roston, D. M. 2010. **Tratamento de efluentes de sala de ordena de bovinocultura: lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 30: 67-73.

Silva, I. R. da; Mendonça, E.de S. 2007. Matéria orgânica do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Barros, N. F. de; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. (eds). **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 275-375.

Sousa, D. M. G. de; Miranda, L. N. de; Oliveira, S. A. de. 2007. Acidez do solo e sua correção. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Barros, N. F. de; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. (eds). **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 205-274.

Zotarelli, Z.; Scholberg, J. M.; Dukes, M. D.; Muños-Carpena, R.; Icerman, J. 2009. **Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling.** Agricultural Water Management, 96: 23–34.

CAPÍTULO 14

EVOLUÇÃO DA COBERTURA DO SOLO E DO ACÚMULO DE FITOMASSA SECA DE PLANTAS DE COBERTURA DE OUTONO/INVERNO E SEU EFEITO SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DE SOJA CULTIVADA EM SUCESSÃO

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/08/2021

João Henrique Vieira de Almeida Junior
Universidade Estadual de Maringá
Maringá – Paraná
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9869-7496

Guilherme Semião Gimenez
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6145-6069

Vinicius Cesar Sambatti
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
Londrina – Paraná
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9546-1114

Vagner do Nascimento
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Departamento de Produção Vegetal
Dracena – São Paulo
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0169-203X

Giliardi Dalazen
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2510-8264

RESUMO: O cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto pode promover melhorias positivas aos atributos do solo e incrementos em produtividade de culturas sucessoras, como a soja. Objetivou-se com este trabalho avaliar a evolução da cobertura do solo e do acúmulo de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de plantas de cobertura de outono/inverno e seu efeito sobre o desempenho agronômico de soja cultivada em sucessão. A pesquisa foi realizada na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico, de textura muito argilosa. O delineamento experimental adotado em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições. Foram utilizadas como espécies de cobertura a aveia preta (Avena strigosa), o centeio (Secale cereale) e o nabo forrageiro (Raphanus sativus) em cultivos solteiros, consórcios entre aveia preta + nabo forrageiro (A+N), centeio + nabo forrageiro (C+N), aveia preta + centeio (A+C) e aveia preta + centeio + nabo forrageiro (A+C+N), uma testemunha em pousio e outra capinada. Nas plantas de cobertura foram avaliados a cobertura do solo (%) e o acúmulo de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura (DAS). Na cultura da soja foram avaliadas a altura de plantas, número de nós produtivos por planta, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade. O cultivo do R. sativus solteiro proporcionou mais rápida cobertura do solo (90,0% solo aos 45 DAS). O consórcio entre C+N proporcionou maior acúmulo de FSPA, superior a 7,0 Mg ha-1 aos 105 DAS. Os maiores rendimentos da soja foram obtidos em sucessão ao cultivo de aveia preta e centeio solteiros, com rendimento de aproximadamente 3300 kg ha-1. Esse rendimento foi aproximadamente 50% superior em comparação ao tratamento testemunha em pousio e testemunha capinada.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* L.. Plantas de cobertura. Sucessão de culturas. Adubação verde. Sistema Plantio Direto.

EVOLUTION OF SOIL COVER AND DRY SHOOT PHYTOMASS ACCUMULATION OF AUTUMN/WINTER COVER CROPS AND ITS EFFECT ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN GROWN IN SUCCESSION

ABSTRACT: The cultivation of cover crops under no-tillage systems can promote positive improvements in soil attributes and increases in grain yield of successor crops, such as soybeans. The objective of this work was to evaluate the evolution of soil cover and accumulation of dry aerial phytomass (FSPA) of autumn / winter cover plants and their impact on the agronomic performance of soybean grown in succession. The research was carried out at the Fazenda Escola of the State University of Londrina (UEL). The soil in the area was classified as an Oxisol type, with a very clayey texture. The experimental design used was in randomized blocks, consisting of nine treatments and four replications. Black oats (Avena strigosa), rye (Secale cereale) and turnip (Raphanus sativus) were used as cover crops in single crops, in addition to consortia between black oats + turnip (BO + T), rye + turnip (R + T), black oat + rye (BO + R) and black oat + rye + turnip (BO + R + T), plus a fallow and weeded controls. In the cover plants, the soil cover (%) and the accumulation of dry aerial phytomass (DAP) at 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days after sowing (DAS) were evaluated. In soybean crop, plant height, number of productive nodes per plant, number of pods per plant, mass of a thousand grains and grain yield were evaluated. The cultivation of turnip single provided the fastest soil coverage, with 90.0% at 45 DAS. The intercropping between R + T provided the largest accumulations of DAP, greater than 7.0 Mg ha-1 at 105 DAS. The highest soybean yields were obtained in succession to the cultivation of black oat and rye in single, yielding approximately 3,300 kg ha-1. This yield was approximately 50% higher in comparison to the treatments of fallow and weeded controls.
KEYWORDS: *Glycine max* L. Cover crops. Succession of cultures. Green adubation. No-till system.

1 | INTRODUÇÃO

O Sistema Plantio Direto (SPD) é um manejo conservacionista do solo empregado em boa parte do território brasileiro. Na região mais quente do Sul do Brasil, como Norte do estado do Paraná, o que se tem notado é a repetição do cultivo de soja seguido de milho segunda safra. Em regiões mais frias, como no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Sul do Paraná, o cultivo de soja no verão e de trigo no inverno domina as áreas. Esses cultivos sucessivos e repetidos impactam negativamente no potencial de rendimento das culturas e na lucratividade das propriedades em médio e longo prazo (CANALLI *et al*., 2020), visto que há uma baixa diversidade de espécies que possam fornecer um maior aporte e diversificação de palha e raízes. Consequentemente, limitam-se a disponibilidade de nutrientes e as melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (BLANCO-CANQUI *et al*., 2011).

O SPD baseia-se em três pilares: a manutenção da cobertura do solo por resíduos vegetais, o não revolvimento do solo e a rotação de culturas. Dessa forma, a utilização de plantas de cobertura faz-se necessária, tanto em rotação ou até mesmo em consorciação com as culturas de interesse econômico. O seu uso proporciona ao sistema vantagens, já que cada espécie tem características peculiares, como diferentes arquiteturas de plantas e sistemas radiculares, que favorecem desde o desenvolvimento de diferentes grupos da biota do solo até a ciclagem de nutrientes diferenciados (CHERR; SCHOLBERG; MCSORLEY, 2006). Além disso, elevam a biodiversidade do agroecossistema, o que reduz a incidência de insetos-praga, doenças e plantas daninhas durante o cultivo (ALTIERI *et al*., 2011).

Diversos estudos têm enfatizado a importância das plantas de cobertura para sistemas de manejo de soja, melhorando o desenvolvimento e rendimento da cultura (NICOLOSO *et al*., 2008; SCHNITZLER, 2017; KRENCHINSKI *et al*., 2018; ANSCHAU *et al*., 2018). Entre as plantas de cobertura de outono/inverno mais utilizadas estão a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), o centeio (*Secale cereale* L.) e o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), proporcionando benefícios ao cultivo em sucessão. A aveia preta e o centeio, por exemplo, podem adicionar de 2,0 a 8,0 Mg ha^{-1} de massa seca ao solo (WUTKE *et al*., 2013). Já o nabo forrageiro apresenta como principal característica a elevada capacidade de descompactação do solo e ciclagem de nutrientes (BURLE *et al*., 2006; GIACOMINI *et al*., 2004).

A escolha de espécies para a utilização das plantas de cobertura deve atender algumas exigências como: ter rápida taxa de crescimento, e assim fornecer cobertura sobre o solo rapidamente; ser de fácil estabelecimento; produzir quantidade de massa seca suficiente para manter os resíduos por um determinado período; ser resistente e não hospedeira das principais doenças que acometem culturas de maior interesse econômico; além de ser economicamente viável quanto à instalação, sementes e manejo (REEVES, 1994). Uma das formas de complementar as fragilidades de algumas espécies é a utilização de consórcios. A associação de gramíneas com eudicotiledôneas (como o nabo forrageiro e as leguminosas), por exemplo, tem como propósito a rápida produção de fitomassa (gramíneas) e o aporte de nutrientes ao solo, especialmente o nitrogênio (eudicotiledôneas). Outra vantagem desta associação é que a relação C/N dos resíduos vegetais dos consórcios é intermediária em comparação ao dos cultivos solteiros, além disso, a relação C/N é um dos atributos que influem sobre a velocidade de decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais (GIACOMINI *et al*., 2004; DONEDA *et al*.,2012).

Neste cenário, a utilização de espécies adaptadas a cada região agrícola pode maximizar o rendimento da soja no sistema de sucessão de culturas. Ainda, é possível que os consórcios das espécies de plantas de cobertura proporcionem melhor desempenho agronômico da soja cultivada em sucessão, em comparação aos cultivos solteiros ou até mesmo em comparação ao pousio. Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar a

evolução da cobertura do solo e do acúmulo de fitomassa seca da parte aérea dos cultivos solteiros e consorciados de aveia preta, centeio e nabo forrageiro durante o período de outono/inverno, assim como o desempenho agronômico da soja cultivada em sucessão.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL), no município de Londrina-PR, localizado a 23° 23' S e 51° 11' O, com altitude de 566 m. O solo do local da pesquisa foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico (SANTOS *et al*., 2018). A região apresenta o clima do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes e estação seca definida, segundo classificação de Köppen. A temperatura média anual do ar é de 21,2°C e precipitação pluviométrica média anual de 1.632 mm (NITSCHE *et al*., 2019). Através dos dados meteorológicos obtidos por meio da estação meteorológica do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) possibilitou a elaboração do balanço hídrico do ano experimental que foi calculado com auxílio da planilha desenvolvida por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) (Figura 3).

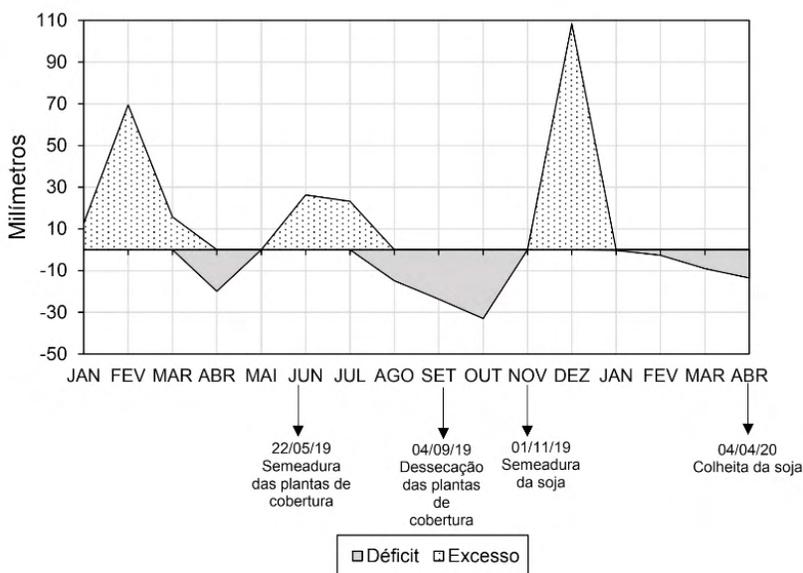



Figura 3. Balanço hídrico mensal climatológico do município de Londrina, PR, Londrina, PR, Brasil, compreendido entre o mês de janeiro de 2019 até o mês de abril de 2020, Fonte: Área de Agrometeorologia do IAPAR, 2020

Os atributos químicos do solo foram determinados antes da instalação do experimento com coleta de uma amostra composta, originada de 20 amostras simples deformadas de solo, em toda área experimental na camada de 0,00-0,20 m, as quais apresentaram os

seguintes resultados: pH ($CaCl_2$) 5,2, 39,0 g kg^{-1} matéria orgânica do solo, 10,5 mg dm^{-3} P, 0,96 $cmol_c$ dm^{-3} K^+, 5,6 $cmol_c$ dm^{-3} Ca^{2+}, 1,0 $cmol_c$ dm^{-3} Mg^{2+}, 0,0 $cmol_c$ dm^{-3} Al^{3+}, CTC total de 10,66 $cmol_c$ dm^{-3}, saturação por bases de 71,0%, 680 g kg^{-1} de argila, 90 g kg^{-1} de silte e 230 g kg^{-1} de areia.

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, constituído de nove tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados como cobertura do solo: a aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e consórcios entre aveia preta + nabo forrageiro (A+N), centeio + nabo forrageiro (C+N), aveia preta + centeio (A+C), e aveia preta + centeio + nabo forrageiro (A+C+N), além da testemunha em pousio e da testemunha capinada.

As parcelas foram constituídas de 3 m de largura x 7 m de comprimento, totalizando 21 m². A semeadura mecânica das espécies de cobertura foi realizada em 22 de maio de 2019, com semeadora-adubadora de fluxo contínuo dotada de rotor acanelado como mecanismo distribuidor, com espaçamento de 0,17 m entrelinhas, totalizando 14 linhas por parcela, com profundidade de semeadura de 0,05 m. A adubação de semeadura foi constituída de 150 kg ha^{-1} da formulação 05-20-20. Anteriormente à semeadura, a área experimental foi dessecada com glyphosate (720 g ha^{-1}, Roundup Original®, 360 g L^{-1}).

Foram utilizadas as cultivares IAPAR 61- Ibiporã (*Avena strigosa),* IPR 89 (*Secale cereale) e* IPR 116 (*Raphanus sativus)*, com densidades de semeadura de 58, 58 e 25 kg ha^{-1} de sementes nas culturas solteiras da aveia preta, centeio e nabo forrageiro, respectivamente. Nos consórcios duplos foi utilizado 50% da quantidade de sementes utilizada nos cultivos solteiros, no consórcio triplo (A+C+N), utilizou-se 33,3% da quantidade de sementes de cada espécie utilizada nos cultivos solteiros. Sendo semeadas na testemunha pousio não houve qualquer intervenção, seja de semeadura ou de controle de plantas daninhas, enquanto na testemunha capinada, as plantas daninhas foram controladas com capina manual a cada 15 dias.

No dia 04 de setembro as plantas de cobertura da área foram dessecadas com glyphosate (720 g ha^{-1}, Roundup Original®, 360 g L^{-1}) + clethodim (144 g ha^{-1}, Select® 240 EC, 240 g L^{-1}) + adjuvante alquil ester etoxilado do ácido fosfórico, Lanzar® (0,5% v/v). A aplicação foi realizada com pulverizador de barras tratorizado, com taxa de aplicação equivalente a 150 L ha^{-1}.

A semeadura mecânica da soja foi realizada com uma semeadora-adubadora de precisão em 01 de novembro de 2019, utilizando sementes da cultivar DM 66i68 RSF IPRO (Donmario Sementes). As sementes foram industrialmente tratadas com Piraciostrobina (25 g L^{-1}, 2,5% m/v) + Tiofanato Metílico (225 g L^{-1}, 22,5% m/v) + Fipronil (250 g L^{-1}, 25% m/v) (Standak Top), na dose de 2 mL kg^{-1}. Na semeadura utilizou-se um espaçamento entrelinhas de 0,45 m e densidade de 14 sementes por metro linear. A adubação no sulco de semeadura foi constituída de 300 kg ha^{-1} de N-P-K da formulação 02-24-18.

No dia 20 de novembro, aos 15 dias após a emergência (DAE) da soja, foi aplicado

glyphosate (720 g ha^{-1}, Roundup Original®, 360 g L^{-1}) para a eliminação de plantas daninhas na área, a fim de se observar apenas o efeito das plantas de cobertura sobre o desempenho agronômico da soja. Em estádio R2 aplicou-se fungicida Fox® (400 mL ha^{-1}) - Trifloxistrobina (150 g L^{-1}) + Protioconazole (175 g L^{-1}), para o controle preventivo de ferrugem asiática da soja. Em R5 realizou uma nova aplicação de fungicida, juntamente com inseticida. Foi utilizado o fungicida Fox® na mesma dose da aplicação anterior, juntamente com inseticida Connect® (750 mL ha^{-1}) - Imidacloprido (100 g L^{-1}) + Beta-Ciflutrina (12,5 g L^{-1}), para o controle de percevejos.

As variáveis analisadas das plantas de cobertura foram: porcentagem de cobertura do solo e fitomassa seca da parte aérea solo (FSPA) aos 30, 45, 60 ,75, 90 e 105 DAS. As avaliações de cobertura vegetal do solo foram realizadas por meio de imagens capturadas por uma câmera fotográfica digital, modelo Canon Power Shot SX40 HS a uma distância de um metro de altura do nível do solo. A área fotografada limitou-se a um quadrado de madeira de 0,5 x 0,5 m, lançado aleatoriamente nas parcelas, sendo realizada uma fotografia por parcela. As imagens digitais foram processadas no aplicativo Canopeo e atribuídas notas em escala percentual em que zero e cem representam ausência e cobertura total do solo, respectivamente. Em seguida as plantas presentes dentro do quadrado de madeira foram cortadas rente à superfície do solo, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante (72 h). Após a secagem, os materiais foram pesados em balança de precisão (0,01 g) para a determinação da FSPA, a qual foi apresentada em Mg ha^{-1}.

Os componentes de rendimento e produtividade da cultura da soja avaliados foram: altura de plantas (AP), obtida pela medição com auxílio de régua graduada em centímetros, desde o colo da planta à extremidade apical; número de vagens por planta (NVP), obtido pela contagem de todas as vagens com grãos em cada planta; número de nós produtivos por planta (NNP), adquirido pela contagem de nós que apresentaram vagens produtivas, sendo considerados todos os nós da haste principal e das ramificações. Essas avaliações foram realizadas em 10 plantas coletadas aleatoriamente na parcela. Para a determinação da produtividade de grãos e da massa de mil grãos (MMG), a colheita foi realizada manualmente em oito metros lineares no centro das parcelas (4 m lineares em duas linhas), e as plantas trilhadas mecanicamente com o auxílio de trilhadeira de parcelas. Na sequência, os grãos foram limpos em peneiras e cada amostra foi pesada em balança de precisão (0,01g). A produtividade de grãos foi estimada em kg ha^{-1} com umidade corrigida para 13%.

Na análise estatística de fitomassa da parte aérea, foi realizado a análise de Box & Cox, através do programa estatístico *R*, em que foi possível a transformação dos dados para que atenda os pressupostos da análise de variância, como por exemplo, a normalidade dos dados. A análise permitiu identificar a melhor transformação, com base na utilização de um valor λ (lambda), sendo o resultado obtido de 0,10. Em contrapartida, os dados de

cobertura de solo não foram transformados.

Os dados da fitomassa seca, cobertura do solo e desempenho agronômico da soja foram submetidas à análise de variância (ANOVA) ($p<0,05$) e as médias agrupadas pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$), com auxílio do programa de análise estatística *Sisvar* (FERREIRA, 2011). Para fitomassa seca e cobertura do solo, os tratamentos qualitativos (plantas de cobertura) foram avaliados dentro de cada época de avaliação. Complementarmente, para os dados quantitativos (épocas de avaliação) foram realizados ajustes de regressões para cada cultura de cobertura por meio do programa *SigmaPlot* 12.0. Por terem apresentado valor zero em todas as avaliações, os dados da testemunha capinada foram desconsiderados.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução da cobertura do solo proporcionada pelas plantas de cobertura

Os valores médios da percentagem de cobertura do solo proporcionadas pelas plantas de cobertura são apresentados na Tabela 1 e Figura 1. De maneira geral, a máxima cobertura do solo para a maioria dos tratamentos foi obtida entre os 45 e 60 DAS, reduzindo nas avaliações finais.

De acordo com o observado, aos 30 DAS, o tratamento contendo nabo forrageiro foi o que apresentou a maior porcentagem de cobertura do solo (34,5%). Contudo, os demais tratamentos não diferiram entre si, com exceção do pousio, que obteve apenas 6,4% de cobertura do solo (Tabela 1). Aos 45 DAS, o maior índice de cobertura do solo foi apresentado pela cultura do nabo forrageiro (90%), não diferindo dos demais tratamentos que também continham nabo forrageiro em consórcio, demonstrando o rápido crescimento dessa espécie. Esses tratamentos também não diferiram do tratamento pousio, que obteve 83,7% de cobertura do solo. Em contrapartida, os tratamentos contendo apenas poáceas (aveia preta e/ou centeio) apresentaram os menores porcentuais de cobertura do solo aos 45 DAS.

Tratamentos	**Dias após a semeadura**					
	30	45	60	75	90	105
	----------------------------------- Cobertura do solo (%) --------------------------------					
Aveia (A)	17,0 b	53,6 b	**79,2** a	71,3 ab	58,9 ab	35,0 ab
Centeio (C)	18,0 b	64,5 ab	**70,9** a	51,4 c	23,8 c	12,4 b
Nabo (N)	34,5 a	**90,0** a	78,5 a	73,3 ab	67,7 a	17,0 ab
A + N	20,0 b	74,1 ab	**82,1** a	73,4 ab	70,7 a	34,9 ab
C + N	21,6 b	73,4 ab	**84,4** a	72,4 ab	64,7 a	26,2 ab
A + C	15,7 b	53,7 b	**79,9** a	61,4 bc	44,9 b	17,8 ab
A + C+ N	20,4 b	82,5 ab	**84,0** a	73,7 a	71,9 a	41,6 a
Pousio	6,4 c	**83,7** ab	74,0 a	63,4 abc	61,3 ab	19,3 ab

DMS (5%)	8,3	31,8	15,6	12,0	18,0	25,7
CV (%)	18,3	18,6	8,31	7,5	13,1	42,4

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparam as diferentes culturas) não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores destacados em negrito indicam a data em que a cultura atingiu o valor máximo de cobertura do solo.

Tabela 1. Valores médios de porcentagem (%) de cobertura do solo da aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) em cultivo solteiro, consorciado e mistura durante período de outono-inverno aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura (DAS), Londrina, PR, Brasil, safra 2019/2020.

Aos 60 DAS não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à cobertura de solo, com uma média de aproximadamente 80%. Porém, foi nessa avaliação que a maioria dos tratamentos apresentou os seus picos no índice de cobertura do solo (Tabela 1 e Figura 1). Por outro lado, os tratamentos compostos por nabo forrageiro solteiro e o pousio, com grande infestação de nabiça (*Raphanus raphanistrum*), apresentaram os picos na cobertura do solo na avaliação anterior, aos 45 DAS, com decréscimo a partir dos 60 DAS. Isto ocorreu em decorrência de que dos 45 aos 60 DAS tanto o nabo forrageiro quanto a nabiça iniciam o processo de senescência, uma vez que o ciclo da cultura é curto, podendo ser inferior a 70 dias (FLECK *et al*., 2006). Por outro lado, para as culturas da aveia e do centeio, a taxa de incremento na cobertura do solo é alta entre os 45 e 75 dias após a emergência (DAE) (WOLSCHICK *et al*., 2016), principalmente por que é o período que coincide com o maior perfilhamento, aos 63 DAE (DEISS *et al*., 2014). De maneira geral, o maior número de perfilhos dos cereais de inverno ocorre entre os 40 e 60 DAE (LARGE, 1954).

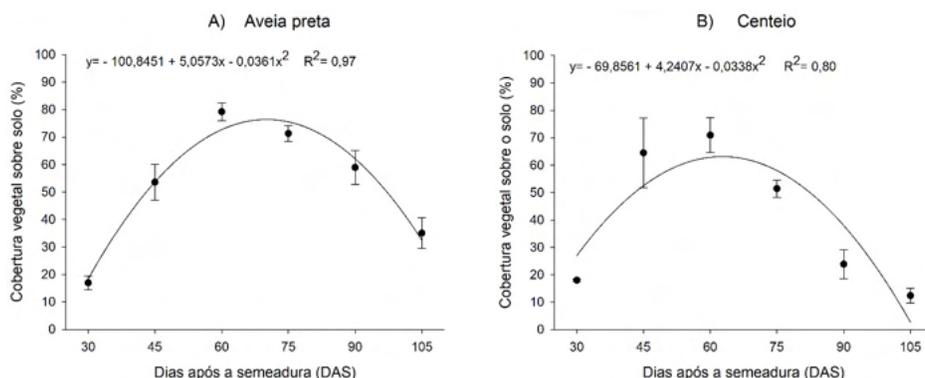
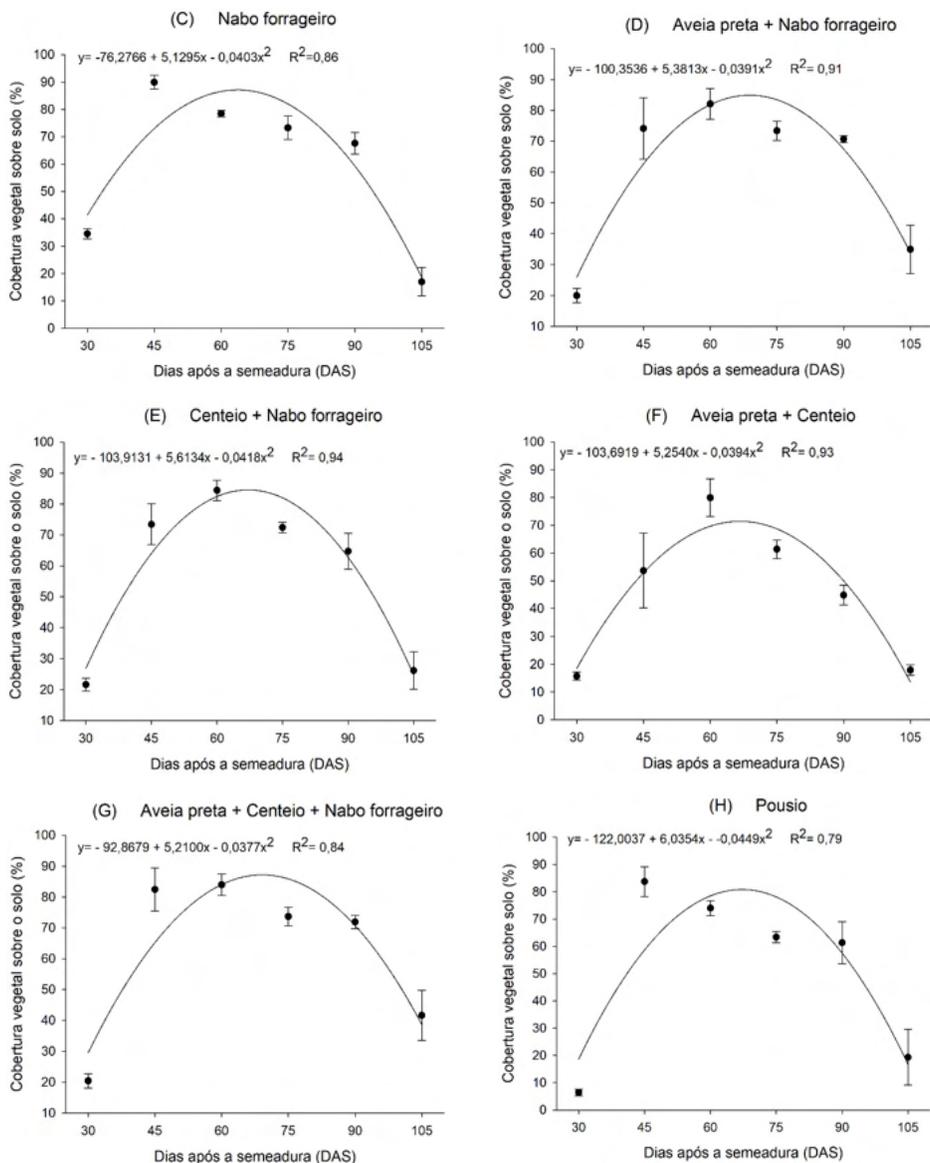



Figura 1. Comportamento ao longo do tempo da cobertura do solo proporcionadas pela aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) em cultivo solteiro, consorciado e mistura durante período de outono-inverno aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura (DAS): Aveia preta (A), Centeio (B), Nabo forrageiro (C), Aveia preta + Nabo forrageiro (D), Centeio + Nabo forrageiro (E), Aveia preta + Centeio (F), Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (G) e Pousio (H). Os pontos indicam as médias e barras verticais indicam o desvio padrão, Londrina, PR, Brasil, safra 2019/2020.

A partir dos 75 DAS observou-se a redução no índice de cobertura do solo para todos os tratamentos. Em relação à avaliação anterior, verificou-se redução na porcentagem de cobertura do solo de 7,9% para aveia preta, 19,5% para centeio, 5,2% para nabo forrageiro,

18,5% para aveia preta + centeio, 8,67% para aveia preta + nabo forrageiro, 11,9% para centeio + nabo forrageiro, 10,3% para consórcio entre as três espécies, e 10,6% para pousio. Com exceção do tratamento contendo centeio solteiro, os demais tratamentos obtiveram os maiores percentuais de cobertura, não diferindo estatisticamente entre si, com índices de cobertura entre 61% e 74% (Tabela 1).

Aos 90 DAS, o comportamento foi semelhante à avaliação anterior nos tratamentos contendo nabo forrageiro. Esses tratamentos mantiveram os maiores percentuais de cobertura sobre o solo, com cobertura média de 65,88%, não diferindo também do pousio e da aveia preta solteira (Tabela 1 e Figura 1). Aos 105 DAS ocorreu redução expressiva na cobertura do solo em relação aos 90 DAS para todos os tratamentos, com exceção do centeio solteiro, cuja redução ocorreu na avaliação anterior. Os valores finais de cobertura do solo foram de 35,0% para aveia preta, 12,4% para centeio, 17,0% para nabo forrageiro, 17,9% para aveia preta + centeio, 34,9% para aveia preta + nabo forrageiro, 26,2% para centeio + nabo forrageiro, 41,6% para o consórcio entre as três espécies (aveia preta + centeio + nabo forrageiro), e de 19,3% para tratamento em pousio. Portanto, os maiores índices de cobertura do solo aos 105 DAS foram proporcionados pelos tratamentos aveia preta solteira, aveia preta + nabo forrageiro, centeio + nabo forrageiro e aveia preta + centeio + nabo forrageiro, os quais não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 1).

Evolução do acúmulo de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) das plantas de cobertura

Os resultados do acúmulo de FSPA das plantas de cobertura aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAS são apresentados na Tabela 2 e na Figura 2. Aos 30 DAS o tratamento que obteve a maior média de FSPA foi o consórcio contendo aveia preta + centeio + nabo forrageiro (1,2 $Mg.ha^{-1}$), juntamente com nabo forrageiro com média de 0,9 $Mg.ha^{-1}$, que por sua vez, não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos que tiveram médias inferiores (Tabela 2). Aos 45 DAS, os tratamentos que continham nabo forrageiro em sua composição apresentaram as maiores médias de FSPA. Os tratamentos centeio + nabo forrageiro, aveia preta + nabo forrageiro, centeio e o pousio não diferiram dos melhores tratamentos, mas também foram semelhantes ao tratamento com menor média de FSPA acumulada (aveia – 1,3 $Mg.ha^{-1}$). Aos 60 DAS, semelhantemente à avaliação anterior (45 DAS), os tratamentos que continham nabo forrageiro continuaram apresentando o maior acúmulo de FSPA, com destaque ao consórcio triplo que apresentou a maior média de FSPA (3,3 Mg ha^{-1}). O tratamento nabo forrageiro, aveia + centeio e o pousio, não diferiram das maiores médias de acumulo de FSPA, nem da menor que continuou sendo da aveia solteira (1,8 Mg ha^{-1}).

Tratamentos	Dias após a semeadura					
	30	45	60	75	90	105
	------------------------------------ FSPA (Mg ha^{-1}) ---------------------------------					
Aveia (A)	0,8 b	1,3 c	1,8 c	3,0 bc	3,3 b	**5,2** ab
Centeio (C)	0,8 b	2,0 abc	2,0 bc	3,5 abc	3,8 ab	**5,4** ab
Nabo (N)	1,0 ab	2,8 a	3,0 abc	5,0 a	**5,4** ab	5,4 ab
A + N	0,7 b	2,0 abc	3,1 ab	4,5 ab	5,4 ab	5,5 ab
C + N	0,8 b	1,9 abc	3,2 ab	5,2 a	6,0 a	**7,6** a
A + C	0,8 b	1,5 bc	2,1 abc	2,5 c	3,6 b	**5,3** ab
A + C+ N	1,2 a	2,6 ab	3,3 a	4,5 ab	5,2 ab	**7,0** ab
Pousio	0,8 b	2,4 abc	2,7 abc	3,6 abc	4,0 ab	**4,1** b
DMS (5%)	0,3	1,2	1,3	1,8	2,3	2,9
CV (%)	13,2	24,9	20,2	19,6	21,2	21,3

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna (comparam as diferentes culturas) não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores destacados em negrito indicam a data em que a cultura atingiu o valor máximo de FSPA.

Tabela 2: Valores médios de acúmulo de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) em cultivo solteiro, consorciado e mistura durante período de outono-inverno aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura (DAS), Londrina, PR, Brasil, safra 2019/2020.

Aos 75 DAS, os maiores acúmulos de FSPA foram obtidos no consócio centeio + nabo forrageiro e nabo solteiro com médias de 5,2 e 5,0 Mg ha^{-1} respectivamente. Os demais tratamentos que continham nabo forrageiro em sua composição, juntamente com centeio solteiro tiveram médias semelhantes aos maiores acúmulos de FSPA. Por outro lado, o consórcio de aveia preta + centeio obteve o menor acúmulo de FSPA, juntamente com o tratamento de aveia solteira. Já o tratamento mantido em pousio não diferiu das maiores e nem das menores médias de acúmulos de FSPA (Tabela 2 e Figura 2).

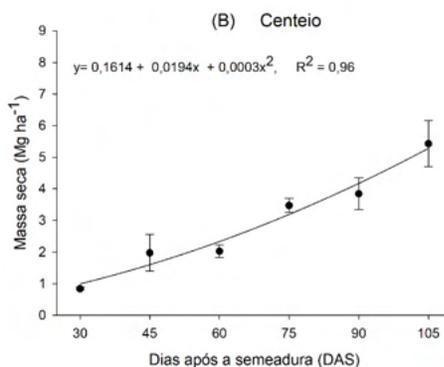
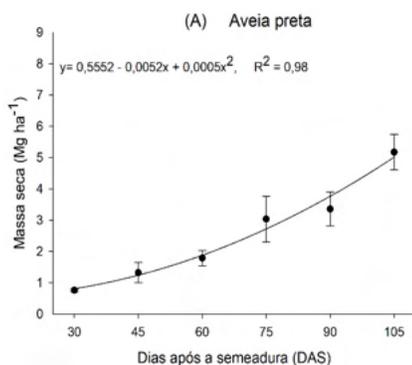
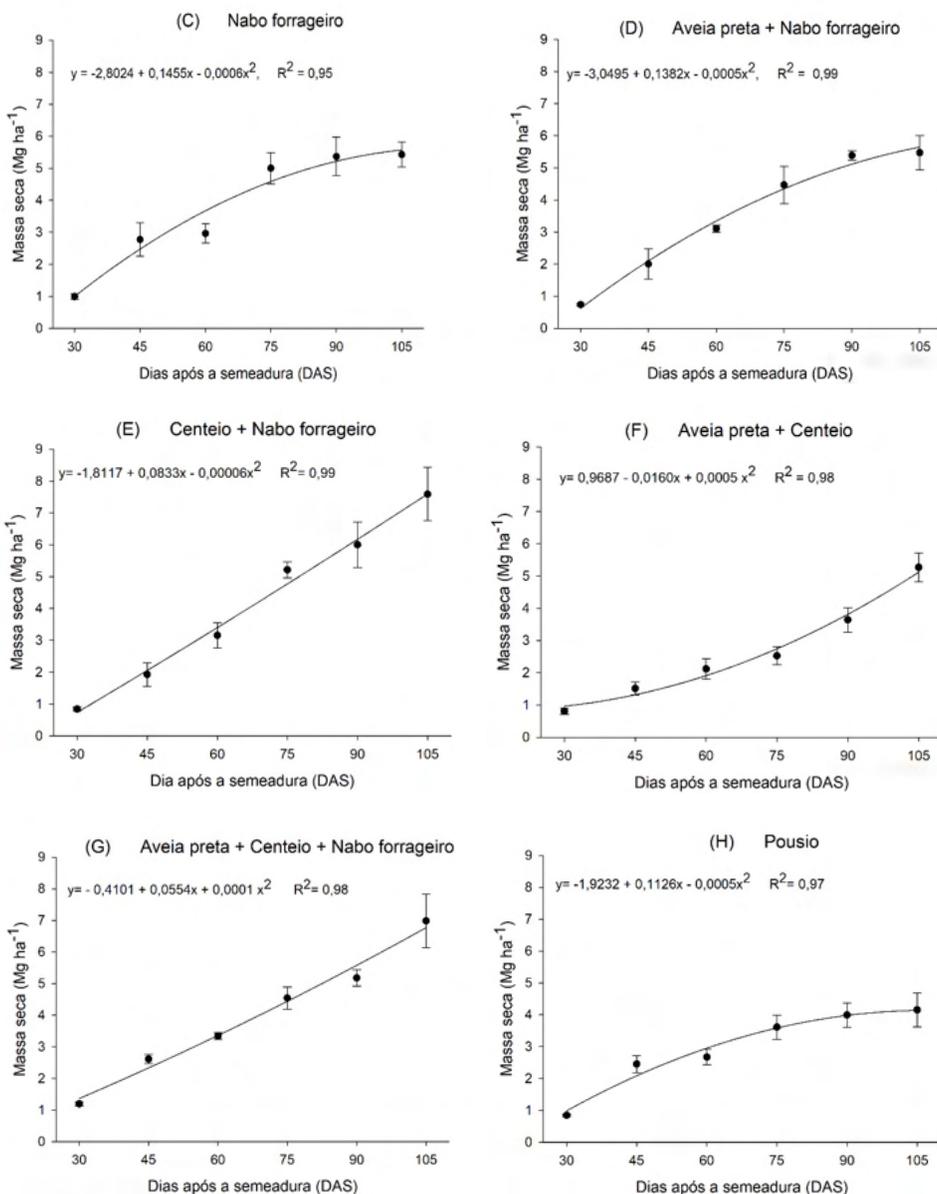



Figura 2. Comportamento ao longo do tempo da fitomassa seca da parte aérea (FSPA) pela aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) em cultivo solteiro, consorciado e mistura durante período de outono-inverno aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura (DAS): Aveia preta (A), Centeio (B), Nabo forrageiro (C), Aveia preta + Nabo forrageiro (D), Centeio + Nabo forrageiro (E), Aveia preta + Centeio (F), Aveia preta + Centeio + Nabo forrageiro (G) e Pousio (H). Os pontos indicam as médias e barras verticais indicam o desvio padrão, Londrina, PR, Brasil, safra 2019/2020.

Aos 90 DAS, os resultados foram semelhantes aos obtidos na avaliação anterior, mantendo o maior acúmulo de FSPA nos tratamentos em que o nabo forrageiro estava

presente, seja em cultivo solteiro ou em consórcio com aveia preta e/ou centeio (Tabela 2 e Figura 2). Nesses tratamentos, a produção média de FSPA foi de 5,5 Mg ha^{-1}, destacando o consórcio centeio + nabo forrageiro com maior acúmulo de FSPA (6,0 Mg ha^{-1}). Na avaliação aos 90 DAS, os tratamentos nabo forrageiro solteiro e aveia preta + nabo forrageiro obtiveram os seus picos no acúmulos de FSPA, com 5,4 Mg ha^{-1} (Figura 2).

Na última avaliação, aos 105 DAS, o maior acúmulo de FSPA foi obtido pelo consórcio de centeio + nabo forrageiro (7,6 Mg ha^{-1}) (Tabela 2 e Figura 2). Os demais tratamentos apresentaram valores médios de 5,15 Mg ha^{-1}, o que corresponde a uma FSPA 29,5% menor em comparação ao consórcio de centeio + nabo forrageiro. Nessa avaliação, os tratamentos, a maioria dos tratamentos atingiu o pico no acúmulo de FSPA, com exceção do tratamento nabo forrageiro solteiro, o qual teve seu pico de acúmulo de FSPA na avaliação anterior, aos 90 DAS.

De maneira geral, os tratamentos contendo nabo forrageiro apresentaram os maiores acúmulos iniciais de FSPA. Esses resultados demonstram a rápida capacidade de produção de FSPA por essa espécie. Dessa forma, essa espécie se mostra uma alternativa importante para o cultivo em janelas curtas, como por exemplo, entre a colheita de soja e a semeadura de trigo, período conhecido como vazio outonal. Também foi observado um rápido acúmulo de FSPA no tratamento pousio, em razão da alta infestação de espécies espontâneas, principalmente a nabiça (*Raphanus raphanistrum*), a qual apresenta amplo banco de sementes na área experimental. Por essa razão, em todas as avaliações o tratamento pousio não diferiu do nabo forrageiro solteiro (Tabela 2). Isso ocorre por que essas espécies pertencem ao mesmo gênero, possuem morfologia e crescimento semelhantes, possuindo folhas largas e decumbentes e rápido crescimento inicial (LORENZI, 1991). Contudo, observou-se que, para ambos os tratamentos, a evolução na FSPA se estabiliza a partir dos 75 DAS. A partir dos 45 a 60 DAS, as plantas de nabo forrageiro e de nabiça iniciam o processo de senescência, uma vez que o ciclo da cultura é curto, podendo ser inferior a 70 dias (FLECK *et al.*, 2006).

Desempenho agronômico, produtivo e produtividade da soja cultivada em sucessão às plantas de cobertura

Observando-se a Tabela 3, houve diferença significativa proporcionada pelas diferentes sucessões de culturas de cobertura sobre as variáveis altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos da soja. Porém, para as variáveis número de nós produtivos por planta (NNP) e massa de mil grãos (MMG), não foi constatado efeito significativo.

Tratamentos	AP (cm)	NNP	NVP	MMG (g)	Produtividade (kg ha^{-1})
Aveia (A)	93 ab	24 a	56 a	214 a	3.312 a
Centeio (C)	87 ab	27 a	55 a	207 a	3.229 ab
Nabo (N)	79 b	22 a	26 b	201 a	2.137 cde
A+N	82 ab	28 a	54 a	203 a	2.727 abc
C+N	76 b	26 a	50 ab	203 a	2.277 cde
A+C	103 a	25 a	45 ab	206 a	2.564 bcd
A+C+N	92 ab	26 a	50 ab	209 a	2.664 abc
Pousio	78 b	29 a	39 ab	205 a	1.663 e
Capinada	77 b	25 a	27 b	204 a	1.865 de
CV %	10,29	19,04	25,45	2,56	12,35

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3. Valores médios de altura de plantas (AP), número de nós produtivos por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PG) da soja em sucessão aos cultivos de solteiros e consorciados de aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) durante o outono-inverno, Londrina, PR, Brasil, safra 2019/2020.

A maior AP foi obtida pela soja cultivada em sucessão consórcio aveia preta + centeio, com 103 cm, porém sem se diferenciar estatisticamente dos tratamentos aveia preta, consórcio triplo, centeio e aveia preta + nabo forrageiro, que apresentaram 93, 92, 87 e 82cm de altura, respectivamente (Tabela 3). Os tratamentos nabo forrageiro, centeio + nabo forrageiro, testemunha capinada e testemunha em pousio obtiveram as menores médias de altura de plantas, com aproximadamente 77 cm, e não diferiram entre si.

A aveia preta, centeio, e o consórcio de aveia preta + nabo forrageiro foram os tratamentos que resultaram em plantas de soja com maior número de vagens por planta (NVP), com 56, 55, 54 vagens por planta, respectivamente, não diferindo-se entre si (Tabela 3). Em seguida, as plantas de soja cultivadas sobre centeio + nabo forrageiro, aveia preta + centeio e o consórcio triplo de aveia preta + centeio + nabo forrageiro apresentaram valores médios de 48 vagens por planta, não diferindo dos melhores tratamentos. Contudo, as plantas de soja cultivadas sobre os tratamentos nabo forrageiro, pousio e testemunha capinada resultaram em plantas de soja com baixo número de legumes, iguais a 26, 39 e 27, respectivamente.

As maiores produtividades de grãos de soja foram obtidas quando a cultura foi semeada sobre aveia preta e centeio solteiros, com 3312 e 3229 kg ha^{-1}, respectivamente (Tabela 3). Na sequência, os consórcios de aveia preta + nabo forrageiro, aveia preta + centeio e aveia preta + centeio + nabo forrageiro promoveram rendimentos superiores a 2560 kg ha^{-1}, se diferindo dos tratamentos de centeio + nabo forrageiro e nabo forrageiro solteiro, que proporcionaram rendimentos de 2277 e 2137 kg ha^{-1}, respectivamente. Por fim, as testemunhas, compostas por pousio e capinada, resultaram nas menores produtividades

de grãos de soja, sendo de apenas 1663 e 1865 kg ha^{-1}, respectivamente.

O tratamento composto por aveia preta solteira proporcionou o melhor desempenho agronômico da soja cultivada em sucessão. Considerando todas as variáveis avaliadas, esse tratamento apresentou destaque como planta de cobertura para o cultivo de soja em sucessão. As plantas de soja cultivadas sobre aveia preta apresentaram altos índices de todos os componentes avaliados, refletindo na alta produtividade de grãos. Da mesma forma, a soja cultivada sobre o tratamento composto por centeio também apresentou bom desempenho agronômico, com rendimento de grãos semelhante ao cultivo sobre aveia preta. Por outro lado, os tratamentos formados pelas testemunhas (em pousio e capinada), assim como o nabo forrageiro solteiro, resultaram em plantas de soja com menor desempenho agronômico. Em comparação à produtividade de grãos de soja obtida no cultivo em sucessão à aveia preta, observa-se uma redução de 50% na produtividade de grãos de soja no tratamento pousio, e de 35% quando a soja foi cultivada sobre nabo forrageiro solteiro.

O baixo desempenho agronômico da soja cultivada sobre o nabo-forrageiro pode estar relacionado à baixa relação C/N dessa brassicácea, variando de 11 a 17/1, ocasionando uma rápida decomposição da sua palhada e, consequentemente, apresentando uma cobertura ineficiente sobre o solo (CARNEIRO *et al.*, 2008; ZIECH *et al.*, 2015). De forma oposta, as poáceas (gramíneas), como aveia preta e centeio, apresentam decomposição mais lenta, pois possuem uma relação C/N superior a 20, proporcionando cobertura do solo por um período de tempo maior (CERETTA *et al.*, 2002; WAMSER *et al.*, 2006; CALONEGO *et al.*, 2012).

Embora no presente trabalho os tratamentos compostos por centeio + nabo forrageiro e aveia preta + centeio + nabo forrageiro tenham apresentado os maiores acúmulos de FSPA aos 105 DAS (Tabela 2), a presença de nabo forrageiro nesses tratamentos acelera a decomposição desses restos culturais. Dessa forma, tratamentos com aveia preta possibilitam a cobertura do solo por maior período, reduzindo a temperatura do solo e as perdas de água por evaporação (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000). Segundo esses autores, a temperatura máxima do solo durante o cultivo de soja em sucessão à aveia preta foi reduzida em 6°C em comparação ao tratamento testemunha capinada.

O efeito prolongado da cobertura de solo proporcionado pela palhada da aveia preta, assim como para o centeio, podem ter atenuado a baixa precipitação pluviométrica observada em janeiro e fevereiro de 2020, levando a um déficit hídrico no período que coincidiu com o final da fase vegetativa e o início da fase reprodutiva da cultura da soja (Figura 3). Os baixos índices pluviométricos observados durante o período de condução do experimento refletiram nos componentes de rendimento da soja e, consequentemente no rendimento de grãos nos tratamentos que não apresentaram uma cobertura do solo eficiente e duradoura, como os tratamentos formados por nabo forrageiro, testemunha em pousio e testemunha capinada. Segundo Krenchinski *et al.* (2018), o déficit hídrico resulta

em plantas de soja com alturas menores em relação às safras realizadas em anos sem restrição hídrica. Esses autores também observaram efeito positivo da aveia preta durante o inverno sobre os componentes de rendimento e a produtividade de grãos da soja.

Em comparação com o trabalho Nicoloso *et al*. (2008), onde houve boa disponibilidade hídrica durante a condução do experimento, observou-se elevada rendimento (3,53 Mg ha^{-1}) em resposta aos tratamentos com aveia preta e aveia preta + nabo forrageiro. No entanto, observa-se que no presente trabalho, o consórcio de aveia preta + nabo forrageiro resultou em menor produtividade de soja (Tabela 3) em relação ao estudo citado. Isso pode ser explicado pela menor proporção de aveia preta sobre o solo com a redução na quantidade de sementes da poácea para a formação do consórcio.

Outros trabalhos também demonstram o efeito positivo da aveia preta sobre o rendimento de soja. Gazola e Cavariani (2011) avaliaram o desempenho da soja em sucessão a plantas cobertura de inverno: aveia branca, ervilha-forrageira, trigo, cevada, nabo forrageiro. Estas plantas de cobertura propiciaram diferenças significativas na produtividade da soja, no qual o tratamento de aveia preta obteve a maior produção.

De maneira geral, observa-se que houve incremento na produtividade de grãos de soja para todos os tratamentos com plantas de cobertura em comparação às testemunhas em pousio e capinada (Tabela 3). De forma semelhante, Anschau *et al*. (2018) também observaram incremento na produtividade de soja com o uso de plantas de cobertura no inverno, incluindo aveia preta, nabo forrageiro e ervilha, solteiros ou consorciados. Contudo, o efeito foi menor em comparação ao presente trabalho, com incremento de cerca de 11%. Já Gazola e Cavariani (2011) observaram incremento de 30% na produtividade de soja da cultivar BRS 243 RR cultivada sobre aveia em comparação ao pousio. Contudo, para outras cultivares de soja avaliadas, não houve diferença no rendimento.

Além da pouca eficiência de proteção do solo, o nabo forrageiro apresenta potencial alelopático sobre a soja, conforme demonstrado por Nóbrega *et al*. (2009). Esses autores evidenciaram que a emergência de plântulas de soja foi reduzida quando semeada sobre consórcio triplo entre aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca, e também sobre azevém e aveia preta solteiros. O mesmo resultado também foi observado por Fleck *et al*. (2006), em que a presença de nabo forrageiro durante os dois primeiros meses do ciclo da soja reduziu a altura das plantas, área foliar, acúmulo de FSPA, emissão e crescimento de ramos e produtividade de grãos de soja. Essas observações corroboram com os resultados do presente trabalho, em que além da baixa produtividade de grãos, as plantas de soja cultivadas sobre o nabo-forrageiro apresentaram menores altura de plantas e número de vagens por planta. Entretanto, Wolschick (2014); Debiasi *et al*. (2010) e Henz e Rosa (2017) não verificaram diferenças de rendimento da soja em sucessão às culturas da aveia preta e de nabo forrageiro solteiros. Dessa forma, o efeito das plantas de cobertura pode variar a cada safra, dependendo de características meteorológicas, além de outras como o solo, cultivar e manejo da lavoura.

De forma geral, os tratamentos formados por aveia preta e centeio proporcionaram melhores desempenhos agronômicos de soja em comparação aos consórcios. Contudo, a longo prazo, acredita-se que os consórcios sejam mais favoráveis, pela diversidade proporcionada. Além da contribuição física da palhada contra a perda de água, deve-se considerar que outros processos, como a mineralização de nutrientes e a estruturação do solo refletem positivamente no sistema de cultivo de soja em longo prazo (KRENCHINSKI *et al*., 2018; ESPÍNDOLA *et al*.,1997).

4 I CONCLUSÕES

O cultivo de nabo forrageiro solteiro propicia rápida cobertura do solo, chegando a 90,0% aos 45 dias após semeadura. Contudo, a produtividade de grãos da soja cultivada em sucessão não diferiu dos tratamentos pousio e testemunha capinada.

O consórcio entre o centeio + nabo forrageiro (7,6 Mg ha^{-1}) e aveia preta + centeio + nabo forrageiro (7,0 Mg ha^{-1}) proporcionaram os maiores acúmulos de fitomassa seca da parte aérea aos 105 dias após semeadura.

Os cultivos antecessores de aveia preta (3.312 kg ha^{-1}) e centeio (3.229 kg ha^{-1}) solteiros propiciam incrementos de aproximadamente 50% na produtividade de grãos da soja em relação aos tratamentos testemunha em pousio (1.663 kg ha^{-1}) e capinada (1.865 kg ha^{-1}).

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A.; LANA, M. A.; LOVATO BITTENCOURT, H. V.; KIELING, A. S.; COMIN, J. J.; LOVATO, E. P. **Enhancing crop productivity via weed suppression in organic no-till cropping systems in Santa Catarina, Brazil**. Journal of Sustainable Agriculture, v. 35, n. 8, p. 855-869, 2011.

ANSCHAU, K. A.; SEIDEL, E. P.; MOTTIN, M. C.; LERNER, K. L.; FRANCZISKOWSKI, M. A.; ROCHA, D. H. **Propriedades físicas do solo, características agronômicas e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura**. Scientia Agraria Paranaensis, v. 17, n. 3, p. 293-299, 2018.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. **Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 24, n. 2, p. 449- 457, 2000.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J**. Caracterização das espécies de adubo verde**. Cerrado Adubação Verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 71-142, 2006.

BLANCO-CANQUI, H.; MIKHA, M. M.; PRESLEY, D. R.; CLAASSEN, M. M.; **Addition of Cover Crops Enhances No-Till Potential for Improving Soil Physical Properties**. Soil Science Society of America Journal, v. 75, n. 4, p. 1471-1482, 2011.

CALONEGO, J.C.; GIL, F.C.; ROCCO, V.F.; SANTOS, E.A. **Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe**. Bioscience Journal, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CANALLI, L. B. S. dos; COSTA, G. V. da; VOLSI, B.; LEOCÁDIO, A. L. M.; NEVES, C. S. V. J.; TELLES, T. S. **Produção e rentabilidade dos sistemas de rotação de culturas no sul do Brasil**. Semina: Ciências Agrárias, v. 41, n. 6, p. 2541-2554, 2020.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. **Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado**. Bragantia, v.67, n. 2, p.455-462, 2008.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. **Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferente manejo da adubação nitrogenada**. Ciência Rural, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; MCSORLEY, R. **Green manure approaches to crop production: a synthesis**. Agronomy Journal, v. 98, p. 302 – 319, 2006.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. **Rendimento de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, n. 6, p. 603-612, 2010.

DEISS, L.; MORAES, A. de.; PELISSARI, A.; NETO, F. S.; OLIVEIRA, E. B. de.; SILVA, V. P. **Perfilhamento e características dos perfilhos da aveia submetida a níveis de nitrogênio em sistema agroflorestal com eucalipto no subtrópico brasileiro**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 1, p. 71 – 78, jan, 2014.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. **Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, 2012.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de. **Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039 – 1042, 2011.

FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. **Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura**. Planta Daninha, v. 24, n. 3, p. 425-434, 2006.

GAZOLA, E.; CAVARIANI, C. **Desempenho de cultivares transgênicas de soja em sucessão a culturas de inverno em semeadura direta**. Bioscience Journal, v. 27, n. 5, p. 748-763, 2011.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINITTO, I. C.; HÜBNER, A. P.; MARQUES, M. G.; CADORE, F. **Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II - nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.

HENZ, F. M.; ROSA, H. A. **Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno**. Revista Cultivando o Saber, edição especial, p. 204-212, 2017.

KRENCHINSKI, F. H.; CESCO, V. J. S.; RODRIGUES, D. M.; ALBRECHT, L. P.; WOBETO, K. S.; ALBRECHT, A. J. P. **Agronomic performance of soybean grown in succession to winter cover crops**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 53, n. 8, p. 909-917, 2018.

LARGE, E. C**. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale**. Plant Pathology, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2. ed. Plantarum: Nova Odessa, p. 425, 1991.

NICOLOSO, R. S.; AMADO, T.J.C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRANDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J**. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 32, n. 4, p. 1723-173, 2008.

NITSCHE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da. S.; PINTO, L. D. F. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: Iapar, 2019. 210 p. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/AtlasClimaticoPR.pdf. Acesso em: 08 mai. 2019.

NÓBREGA, L. H. P.; LIMA, G. P.; MARTINS, G. I.; MENEGHETTI, A. M. **Germinação de sementes e crescimento de plântulas de soja (*Glycine max* L. Merrill) sob cobertura vegetal**. Semina: Ciências Agrárias, v. 31, n. 3, p. 461- 465, 2009.

REEVES, D.W. Cover crops and rotations. *In*: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. **Crops residue management**. Advances in Soil Science. Florida: Lewis, p. 125-172, 1994.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. **Planilhas no ambiente EXCEL™ para cálculos de balanço hídricos: normal, sequencial de cultura e de produtividade real e potencial**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133– 137, 1998.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 353 p. 2018.

SCHNITZLER, F. **Desempenho da cultura da soja sob diferentes plantas de coberturas do solo**. Orientadora: Prof.ª Dr.ª Gerusa Massuquini Conceição. 2017. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2017.

WAMSER, A. F.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; MUNDSTOCK, C. M.; SILVA. P. R F. **Velocidade de mineralização de nitrogênio de culturas de cobertura do solo em semeadura direta**. Revista Agropecuária Catarinense, v. 19, n. 2, p. 75-79, 2006.

WOLSCHICK, N. H. **Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão**. Orientador: Prof. Dr. Fabrício Tondello Barbosa. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; WERNER, R. S.; BAGIO, B. **Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutriente por plantas de cobertura**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. *In*: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. v. 1. p. 58-167.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. **Produção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernal na região Sul do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015

CAPÍTULO 15

TEORES DE MACRONUTRIENTES EM LIMBOS E PECÍOLOS E PRODUTIVIDADE DE FRUTOS COMERCIAIS DE CULTIVARES DE MAMOEIRO

Data de aceite: 01/12/2021

Lucio Pereira Santos
Pesquisador; Embrapa Amazônia Ocidental
Manaus, Amazonas.

Enilson de Barros Silva
Professor; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e do Mucurí
Diamantina, Minas Gerais

RESUMO: Com os objetivos de avaliar os teores de macronutrientes em pecíolos e limbos de mamoeiro e a correlação do estado nutricional da planta com a produtividade de frutos comerciais, instalou-se um experimento com quinze cultivares de mamoeiros, espaçamento de 3,5 m x 2,0 m, em blocos casualizados, quatro repetições, unidade experimental de 10 plantas em linha. População de 600 plantas, após sexagem. O preparo da área e os tratos culturais seguiram as recomendações para a cultura, e o plantio no campo foi realizado no dia 29/04/2009. No dia 25/07/2009, instalou-se o sistema de irrigação com fitas gotejadoras. Foram avaliados, em duas épocas, os teores dos nutrientes (g kg^{-1}) Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), aferidos em "limbos" e "pecíolos", e a produtividade de frutos comerciais, em dois períodos. Os dados médios foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste Scott-Knott (1974) a 5%. O pecíolo foliar do mamoeiro parece ser o mais indicado para se procederem às análises dos macronutrientes, porém, o limbo também pode ser utilizado. O período de colheita afeta a produtividade e a cultivar Caliman 01 foi a mais produtiva nos dois períodos avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade genética, nutrição mineral, adaptabilidade, amostragem foliar, *Carica papaya*.

MACRONUTRIENT CONTENTS IN LIMBOS AND PETIOLOS AND YIELD OF COMMERCIAL FRUITS OF PAPAYA CULTIVARS

ABSTRACT: With the objective of evaluating the macronutrient contents in petiole and mosquito limbes and the correlation of the nutritional status of the plant with the yield of commercial fruits, an experiment was installed with fifteen cultivars of maize, spacing of 3.5 m x 2.0 m, in randomized blocks, four replications, experimental unit of 10 plants in line. Population of 600 plants after sexing. The preparation of the area and the cultural treatments followed the recommendations for the crop, and planting in the field was carried out on 04/29/2009. On 25/07/2009, the irrigation system was installed with drip tapes. The contents of nutrients (g kg-1) Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) and Sulfur (S) were evaluated in two seasons, measured in "limbos" and "petioles", and yield of commercial fruits in two periods. The mean data were submitted to variance analysis and the mean characteristics were compared using the Scott-Knott Test (1974) at 5%. The leaf petiole of the papaya seems to be the most indicated for macronutrient analyses, but limbo can also be used. The harvest period affects productivity and

the cultivar Caliman 01 was the most productive in the two periods evaluated.

KEYWORDS: Genetic variability, mineral nutrition, adaptability, leaf sampling, *Carica papaya*.

1 I INTRODUÇÃO

No Brasil, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte são os Estados que mais empregam tecnologias na produção do mamão.

Por sua vez, as lavouras desta cultura no Amazonas são pouco produtivas, caracterizando-se por ofertarem ao consumidor local um produto de baixa qualidade, com ausência de padrão/uniformidade dos frutos, sazonalidade da oferta, dentre outras limitações de caráter tecnológico que têm sido responsáveis pelo desabastecimento e pela falta de qualidade do mamão comercializado no mercado amazonense.

Para atingir seu potencial produtivo máximo, o mamoeiro necessita de alguns fatores ambientais, tais como luz, temperatura, substrato (solo), CO_2, água e nutrientes. Mas, todos esses recursos precisam estar de forma proporcional e equilibrada, não raro necessitando da intervenção do homem para se promover esse equilíbrio.

Entre os diversos fatores envolvidos no crescimento e no desenvolvimento do mamoeiro, os nutrientes possuem papel de destaque.

Por possuírem diversas particularidades e inteirações entre si e com o ambiente, os nutrientes merecem um tratamento especial, considerando ainda que eles são recursos que permitem as elevações da produtividade e da qualidade do mamão produzido.

Segundo Costa (1996), a diagnose foliar do mamoeiro vem mostrando-se bastante útil para identificar o estado nutricional da planta e auxiliar na recomendação de adubação.

Visando contribuir com alternativas para a região, realizou-se este trabalho com o objetivo geral de introduzir, avaliar e identificar cultivares adaptadas às condições de clima e solo do Estado do Amazonas, portadoras de elevado potencial produtivo e de características agronômicas favoráveis à qualidade, para futuras recomendações aos produtores.

Nesta etapa do projeto, o objetivo específico foi avaliar o possível comportamento diferencial de quinze cultivares de mamoeiros em relação ao seu estado nutricional, buscando também identificar a estrutura da folha (limbo e/ou pecíolo) que melhor reflete o estado nutricional da planta.

Essa identificação permitirá recomendar aos produtores a(s) melhor(es) estrutura(s) da folha para as coletas de amostras, que serão destinadas às análises químicas de acompanhamento da cultura. Para subsidiar essas estimativas, realizaram-se coletas de frutos de padrão comercial em ponto de colheita, agrupando-os em dois períodos distintos, para possibilitar as associações entre os macronutrientes e a produtividade.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Iranduba/AM, em Latossolo Amarelo argilo-arenoso (Santos et al., 2018). As características químicas do solo coletado e analisado, de acordo com Teixeira et al. (2017), são apresentadas no Quadro 1.

Prof.	pH[1/]	MO[/2]	P[3/]	K[3/]	Ca[4/]	Mg[4/]	Al[4/]	T[5/]	V[6/]	m[7/]	Fe[3/]	Zn[3/]	Mn[3/]	Cu[3/]
(cm)		g dm³	mg dm⁻³		cmol$_c$ dm^{-3}				%		mg dm^{-3}			
0-20	4,91	12,75	40	19	0,76	0,16	0,88	6,64	14,73	47,38	166	0,92	2,27	1,07
20-40	4,61	2,21	12	8	0,35	0,07	1,00	4,84	9,37	68,8	240	0,47	1,69	0,61

[1/] H_2O Relação solo:solução 1:2,5; [2/] Matéria orgânica = C (carbono orgânico) x 1,724 - Walkley-Black; [3/] Extrator Mehlich 1; [4/] Extrator KCl 1 mol L^{-1}; [5/] Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; [6/] Saturação por bases; [7/] Saturação de alumínio.

Quadro 1. Dados médios observados das características químicas do solo coletado antes da instalação do experimento, no dia 04 de dezembro de 2008.

A altitude da área experimental é de 50 m; latitude de 3º 15' S; longitude de 60º 20' W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é tropical chuvoso tipo Afi (Antonio, 2005).

Os tratamentos foram constituídos de quinze cultivares de mamão, indicadas no Quadro 5. A cultivar Regina foi selecionada, de forma empírica, por um produtor de Iranduba/AM. As duas cultivares, nomeadas como *Plus Seed* e *Isla,* foram adquiridas no comércio local, em Manaus. As outras doze cultivares foram introduzidas do Estado do Espírito Santo.

O espaçamento adotado foi de 3,5 m x 2,0 m. Delineamento experimental de blocos casualizados. A unidade experimental foi constituída de 10 plantas em linha. A população, de 600 plantas, após sexagem.

Inicialmente, a área foi arada e gradeada e recebeu calagem em área total, com calcário dolomítico (PRNT = 90%) para elevar a soma em bases para 80%, que foi incorporado a cerca de 20 cm de profundidade, com a grade niveladora. Posteriormente, foram abertos sulcos com implemento acoplado ao trator. Nos sulcos foram distribuídos, por metro, 6 litros de esterco-de-aves, 300 gramas de superfosfato simples, 40 gramas de cloreto de potássio. O transplante das mudas para o campo foi realizado no dia 29/04/2009. No dia 12/06/2009 iniciou-se o programa de adubação em cobertura das plantas, seguindo frequência mensal de parcelamentos. No dia 25/07/2009, instalou-se o sistema de irrigação com fitas gotejadoras. Os demais tratos culturais, monitoramento e controle fitossanitário seguiram as recomendações de Martins & Costa (2003) e Noronha et al. (2005).

Foram avaliados, em duas épocas (01/03/2010 e 25/05/2010), os teores dos nutrientes (g kg-1) Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), aferidos em "limbos" e "pecíolos" e, em dois períodos (jan/fev/mar e abr/mai/jun), a produtividade de frutos comerciais, de quinze cultivares de mamoeiro.

Para as avaliações dos teores de macronutrientes, nas duas épocas, foram coletadas, das quinze cultivares de mamoeiro, de cada repetição, quatro folhas, sendo uma folha de cada planta, que apresentavam em sua axila uma flor recentemente aberta, separando-se as estruturas "limbos" e "pecíolos". No laboratório, as análises seguiram a metodologia recomendada por Malavolta et. al. (1997).

Para as avaliações das produtividades de frutos comerciais, nos dois períodos, foram coletados, semanalmente, frutos em ponto de colheita, que são aqueles que apresentam estrias ou faixas em sua casca com cerca de 50% de coloração amarela. Os frutos foram destacados das plantas por meio de torção até a ruptura do pedúnculo.

Os frutos não-comerciais, que são aqueles com peso abaixo de 350 gramas, com deformações, apresentando cascas enrugadas, com manchas, com danos mecânicos e ainda com coloração destoante da variedade, não foram incluídos nas análises.

Os dados médios foram submetidos à análise de variância usando-se o software (Sisvar® software 5.6) (Ferreira, 2011), e as médias das características foram comparadas entre as cultivares por meio do Teste Scott-Knott (1974) a 5%, para as fontes de variação "cultivar", "estrutura da folha amostrada" e, "cultivar x estrutura da folha amostrada" para os nutrientes das amostras coletadas nas duas épocas e, para as fontes "cultivar", "período de colheita", "cultivar x período de colheita", para a produtividade, dos períodos jan/fev/mar e abr/mai/jun.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação realizada em 01/03/2010, houve efeito significativo de "cultivar" para as variáveis N, P e S, de parte da folha para N, P, Ca, Mg e S, e da interação cultivar x parte da folha para P e S. O resumo da análise de variância desses dados é apresentado no Quadro 2.

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	15,79	10,52	193,81	54,05	10,87	4,01
Cultivar	14	**20,97****	**1,19***	51,73	7,93	0,68	**2,80****
Parte	1	**55156,54****	**304,26****	**7077,12****	**303,85****	**309,12****	**226,46****
Cultivar*Parte	14	6,68	**1,78****	56,89	3,92	1,08	**1,58***
Erro	87	6,61	0,63	44,79	4,87	0,73	0,76
CV (%)		7,60	13,58	19,33	13,86	10,70	20,76
Média Geral		33,85	5,87	34,62	15,92	7,98	4,21

* e ** significativo, respectivamente, a 5 e 1% pelo teste de F.

Quadro 2. Quadrados médios das variáveis nitrogênio (N), fósforo (P) potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e, enxofre (S), avaliadas em limbos e pecíolos foliares, coletados no dia 01/03/2010

Na avaliação realizada em 25/05/2010, houve efeito significativo de "cultivar" para as variáveis K, Ca, Mg e S, de parte da folha para N, P, K, Ca, Mg e S, e da interação cultivar x parte da folha para K, Ca e S. O resumo da análise de variância desses dados é apresentado no Quadro 3.

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	54,20	9,76	508,58	11,14	4,16	4,03
Cultivar	14	43,55	1,19	**284,04****	**27,15****	**3,039****	**1,43****
Parte	1	**51875,21****	**231,16****	**18481,47****	**487,23****	**477,84****	**476,89****
Cultivar*Parte	14	30,79	0,36	**134,68***	**10,86***	0,89	**1,05***
Erro	87	27,18	0,67	66,93	5,78	0,98	0,59
CV (%)		15,03	14,73	18,16	15,87	14,98	18,16
Média Geral		34,69	5,57	45,06	15,16	6,60	4,23

* e ** significativo, respectivamente, a 5 e 1% pelo teste de F.

Quadro 3. Quadrados médios das variáveis nitrogênio (N), fósforo (P) potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e, enxofre (S), avaliadas em limbos e pecíolos foliares, coletados no dia 25/05/2010

Houve efeito altamente significativo de "cultivar", de "período de colheita" e da interação "cultivar x período de colheita", para a "produtividade trimestral de frutos comerciais" (PTFC). O resumo da análise de variância desses dados é apresentado no Quadro 4.

FV	GL	Quadrado médio
		PTFC
Bloco	3	43,64**
Cultivar (C)	14	90,83**
Período de colheita (PC)	1	1.718,17**
C x PC	14	42,89**
Erro	87	10,76
CV (%)		35
Média Geral		9,30

** Significativo a 1% pelo teste de F.

Quadro 4. Quadrados médios da variável "produtividade trimestral de frutos comerciais" (**PTFC**), nos períodos de colheita **Jan/Fev/Mar e Abr/Mai/jun,** do ano de 2010, de quinze cultivares de mamoeiros.

No Quadro 5, são apresentados os dados da característica "produtividade trimestral de frutos comerciais" (**PTFC**), nos períodos Jan/Fev/Mar e Abr/Mai/Jun do ano de 2010, com as comparações das médias entre as cultivares e destas, entre os dois períodos de

colheita.

Cultivares de Mamoeiro	PTFC					
	J/F/M			A/M/J		
	(t ha-1)	%	PVA	(t ha-1)	%	PVA
Caliman 01	17,25aA	**100**	1	19,51aA	**100**	1
Brilhoso	9,29bA	53,86	2	2,84cB	14,56	15
Caliman M-5	9,00bB	51,42	3	16,76aA	85,90	3
Sunrise Solo P. K.	6,93cB	40,17	4	17,28aA	88,57	2
Isla	6,66cB	38,60	5	12,66aA	64,89	10
Solo BS	6,10cB	35,36	6	14,24aA	72,99	6
THBGG	5,00cB	28,99	7	13,65aA	69,96	8
Sunrise Solo	4,61cB	26,72	8	13,69aA	70,17	7
Diva	3,90cB	22,60	9	10,89bA	55,82	11
Taiwan	3,89cB	22,55	10	16,02aA	82,11	4
Gran Golden	3,10cB	17,97	11	13,44aA	68,89	9
Regina	2,61cB	15,13	12	15,62aA	80,06	5
Plus Seed	2,23cB	12,92	13	9,81bA	50,28	13
Golden	1,32cB	7,65	14	10,13bA	51,92	12
BSA	0,89cB	5,16	15	9,78bA	50,13	14

Médias seguidas de letras iguais, minusculas na coluna (comparação de cultivares) e maiusculas na linha (comparação entre os dois períodos), não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5%. **PVA**: Posição no ranking de produtividade em valores absolutos, dentro de cada período de colheita.

Quadro 5. Dados médios estimados da característica “produtividade trimestral de frutos comerciais” (**PTFC**), nos períodos Jan/Fev/Mar e Abr/Mai/Jun do ano de 2010, de quinze cultivares de mamoeiro, com as comparações das médias entre as cultivares e entre os períodos de colheita

Em geral, as cultivares apresentaram maior produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC) no período abr/mai/jun do que no período jan/fev/mar (Quadro 5). Houve diferenças significativas entre as cultivares, nos dois períodos estudados. Caliman 01 se destacou entre todas, exibindo a maior produtividade, tanto no período jan/fev/mar como também no período abr/mai/jun, respectivamente, 17,3 t./ha^{-1} e 19,5 t./ha^{-1}.

No período jan/fev/mar houve grande variação da PTFC entre as cultivares, o que as classificaram em três grupos distintos, com a Caliman 01 se posicionando, de forma isolada, no primeiro grupo.

Por sua vez, no período abr/mai/jun, a cultivar Caliman 01, apesar de em valor absoluto também ter ficado em primeiro lugar, não diferiu significativamente das cultivares Sunrise Solo P. K., Caliman M-5, Taiwan, Regina, Solo B S, Sunrise Solo, THBGG, Gran

Golden e, Isla.

Nota-se também no Quadro 5 que, as cultivares que constituíram os grupos “b” e “c” no período jan/fev/mar não são as mesmas que constituíram os grupos equivalentes no período abr/mai/jun.

Comparando os dois períodos entre si, notamos que apenas a cultivar Caliman 01 apresentou PTFC equivalentes em jan/fev/mar e abr/mai/jun, não diferindo entre si em nível de 5%, pelo teste Scott & Knott. As demais cultivares apresentaram maior PTFC no período abr/mai/jun, exceto a cultivar Brilhoso, que foi maior no período jan/fev/mar.

No Quadro 6 são apresentados os dados da **PTFC** da colheita do período Jan/Fev/Mar, do ano de 2010, com as comparações das médias entre as cultivares, e os dados dos macronutrientes, das amostras de pecíolos coletados em 01/03/2010, também com as comparações das médias entre as cultivares.

Visando estabelecer uma relação entre estado nutricional das plantas (N, P, K, Ca, Mg e S), aferidos em pecíolos foliares, e a produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC), para o trimestre jan/fev/mar, as cultivares foram agrupadas em ordem decrescente de produtividade (médias comparadas entre as cultivares), estabelecendo-se o índice 100% para a mais produtiva e calculando os percentuais das demais cultivares com base na mais produtiva, que no período foi a Caliman 01 (Quadro 6). Alinhadas com a PTFC das cultivares, foram lançadas as respectivas médias de seus teores de macronutrientes nos pecíolos foliares, que também foram comparados entre as cultivares.

A produtividade de frutos comerciais variou bastante no período de colheita jan/fev/mar (Quadro 6), com as cultivares sendo estratificadas em três grupos (a, b, c). Destaque para a cultivar Caliman 01, única representante do grupo “a”, com 17,25 t ha^{-1}. Na segunda posição, duas cultivares se posicionaram no grupo “b”, sendo a cultivar Brilhoso (9,29 t ha^{-1}) e Caliman M-5 (9,0 t ha^{-1}) as representantes deste grupo, não tendo diferido significativamente entre si.

A cultivar Regina, que na época da condução desta pesquisa era a mais cultivada pelos produtores do município de Iranduba/AM, se posicionou no terceiro e último grupo, com a produção de apenas 2,61 t ha^{-1}, seguida das cultivares Plus Seed, Golden e BSA, que ficaram na última posição, não tendo estas quatro cultivares diferido significativamente entre si.

Cultivares de Mamoeiro	PTFC Jan/Fev/Mar		Pecíolo Foliar Data de coleta: 01/03/2010					
			N	P	K	Ca	Mg	S
	(t ha-1)	%	g kg-1					
Caliman 01	17,25a	**100**	11,18 a	4,62 a	33,24 b	13,58 a	7,07 a	2,27 b
Brilhoso	9,29b	53,86	13,85 a	4,20 a	43,88 a	13,72 a	5,67 a	2,99 b
Caliman M-5	9,00b	51,42	10,92 a	3,38 a	38,49 b	16,40 a	5,41 a	7,29 a
Sunrise Solo P. K.	6,93c	40,17	11,73 a	4,13 a	38,38 b	14,62 a	6,62 a	3,95 a
Isla	6,66c	38,60	11,76 a	3,84 a	36,63 b	11,88 a	5,55 a	3,30 a
Solo BS	6,10c	35,36	11,41 a	4,27 a	43,18 a	13,42 a	6,39 a	4,72 a
THBGG	5,00c	28,99	13,71 a	4,70 a	50,01 a	15,18 a	6,97 a	3,33 a
Sunrise Solo	4,61c	26,72	12,17 a	4,12 a	41,75 a	14,33 a	6,28 a	2,61 b
Diva	3,90c	22,60	12,33 a	4,57 a	42,91 a	13,16 a	5,82 a	1,89 b
Taiwan	3,89c	22,55	12,67 a	4,87 a	45,24 a	13,80 a	6,29 a	2,51 b
Gran Golden	3,10c	17,97	12,96 a	4,03 a	46,28 a	13,45 a	6,22 a	3,75 a
Regina	2,61c	15,13	12,07 a	4,50 a	44,99 a	14,77 a	7,33 a	2,37 b
Plus Seed	2,23c	12,92	12,78 a	4,26 a	41,92 a	16,21 a	6,77 a	2,21 b
Golden	1,32c	7,65	12,92 a	3,80 a	38,47 b	15,12 a	6,38 a	2,02 b
BSA	0,89c	5,16	13,75 a	4,81 a	49,14 a	15,25 a	6,94 a	2,71 b

*: NMS: 0,05. Média harmônica do número de repetições (r): 4

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre sí em nível de 5%.

Quadro 6. Dados médios estimados de produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC) de cultivares de mamoeiro, em toneladas por hectare (t ha^{-1}), com respectivos percentuais em relação ao maior (100%), colhidos no período jan/fev/mar de 2010, e teores dos nutrientes (g kg-1) Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), aferidos em **pecíolos foliares** de quinze cultivares de mamoeiros, coletados em 01/03/2010, com as comparações das médias por meio do Teste Scott-Knott (1974) a 5%*, para as fontes de variação "cultivar", "parte da folha amostrada" e, "cultivar x parte da folha amostrada" para nutrientes e, "cultivar", "período de colheita", "cultivar x período de colheita" para produtividade.

Observa-se também no Quadro 6 que, na época de coleta 01/03/2010, os pecíolos foliares mostraram grande homogeneidade dos teores de N, P, Ca e Mg, para as quinze cultivares, todas se enquadrando no grupo "a", não tendo estas diferido significativamente entre si para nenhum destes quatro macronutrientes.

Por sua vez, o K e o S revelaram comportamento diferencial de seus teores nos pecíolos foliares entre as cultivares. Para o K, cinco cultivares se posicionaram no grupo “b”, mas, esses menores teores não se refletiram em menor produtividade, visto que quatro destas cinco cultivares estão enquadradas entre as cinco que apresentaram as maiores produtividades de frutos comerciais.

Com relação ao S, apenas seis cultivares se posicionaram no grupo “a”. Semelhantemente ao que foi constatado com o K, duas cultivares que se posicionaram no grupo “b” do S ficaram entre as duas mais produtivas, que são Caliman 01 e a Brilhoso.

No Quadro 7 são apresentados os dados da **PTFC** da colheita do período Jan/Fev/Mar, do ano de 2010, com as comparações das médias entre as cultivares, e os dados dos macronutrientes, das amostras de limbos coletados em 01/03/2010, também com as comparações das médias entre as cultivares.

Visando estabelecer uma relação entre estado nutricional das plantas (N, P, K, Ca, Mg e S), aferidos em limbos foliares, e a produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC), para o trimestre jan/fev/mar, as cultivares foram agrupadas em ordem decrescente de produtividade (médias comparadas entre as cultivares), estabelecendo-se o índice 100% para a mais produtiva e calculando os percentuais das demais cultivares com base na mais produtiva, que no período foi a Caliman 01 (Quadro 7). Alinhadas com essas cultivares, foram lançadas as respectivas médias de seus teores de macronutrientes nos limbos foliares coletados na época 01/03/2010, que também foram comparados entre as cultivares.

As considerações para a produtividade apresentadas no Quadro 6, são válidas também para o Quadro 7.

Na época de coleta 01/03/2010 (Quadro 7), os limbos foliares revelaram grande homogeneidade dos teores de K, Ca e Mg, para as quinze cultivares, todas colocadas no grupo “a”, não tendo estas diferido entre si para nenhum destes três macronutrientes. Notamos que apenas o Ca e o Mg evidenciaram comportamentos semelhantes entre as duas partes da folha analisadas, os pecíolos e os limbos, respectivamente, Quadros 6 e 7. O K apresentou também uma tendência, para a maioria das cultivares, de ter homogeneidade dos teores, tanto em pecíolos como em limbos.

Cultivares de Mamoeiro	PTFC Jan/Fev/Mar		Limbo Foliar Data de coleta: 01/03/2010					
			N	P	K	Ca	Mg	S
	(t ha-1)	%	g kg-1					
Caliman 01	17,25a	100	53,64 b	6,80 b	25,78 a	16,06 a	9,77 a	4,04 b
Brilhoso	9,29b	53,86	56,64 a	8,35 a	28,83 a	18,90 a	9,62 a	5,39 b
Caliman M-5	9,00b	51,42	51,52 b	8,63 a	29,64 a	16,70 a	9,82 a	5,16 b
Sunrise Solo P. K.	6,93c	40,17	51,96 b	7,00 b	27,82 a	18,46 a	9,35 a	5,43 b
Isla	6,66c	38,60	54,04 b	6,89 b	26,11 a	16,68 a	9,88 a	5,59 b
Solo BS	6,10c	35,36	54,01 b	8,02 a	29,81 a	16,42 a	9,91 a	6,25 a
THBGG	5,00c	28,99	58,88 a	7,53 b	24,73 a	18,27 a	9,48 a	5,46 b
Sunrise Solo	4,61c	26,72	54,76 b	6,57 b	25,60 a	18,32 a	9,21 a	6,04 b
Diva	3,90c	22,60	52,70 b	6,61 b	28,99 a	16,79 a	9,19 a	5,05 b
Taiwan	3,89c	22,55	56,71 a	7,31 b	23,57 a	17,17 a	9,47 a	5,29 b
Gran Golden	3,10c	17,97	58,44 a	7,86 a	30,34 a	16,86 a	9,69 a	5,83 b
Regina	2,61c	15,13	54,73 b	7,84 a	26,06 a	16,07 a	9,24 a	5,29 b
Plus Seed	2,23c	12,92	59,29 a	8,80 a	28,93 a	18,32 a	9,54 a	6,59 a
Golden	1,32c	7,65	54,96 b	6,59 b	23,25 a	20,41 a	10,34 a	5,86 b
BSA	0,89c	5,16	57,12 a	7,08 b	24,65 a	17,21 a	9,36 a	6,50 a

*: NMS: 0,05. Média harmônica do número de repetições (r): 4

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre sí em nível de 5%.

Quadro 7. Dados médios estimados de produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC) de cultivares de mamoeiro, em toneladas por hectare (t ha-1), com respectivos percentuais em relação ao maior (100%), colhidos no período jan/fev/mar de 2010, e teores dos nutrientes (g kg-1) Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), aferidos em **limbos foliares** de quinze cultivares de mamoeiros, coletados em 01/03/2010, com as comparações das médias por meio do Teste Scott-Knott (1974) a 5%*, para as fontes de variação "cultivar", "parte da folha amostrada" e, "cultivar x parte da folha amostrada" para nutrientes e, "cultivar", "período de colheita", "cultivar x período de colheita" para produtividade.

Com relação ao N nos limbos, apenas seis cultivares se enquadraram no grupo "a". Entretanto, cinco entre as seis primeiras colocadas em produtividade exibiram teores de N nos limbos que as classificaram no grupo "b", indicando que nem sempre as plantas que evidenciam os maiores teores de N nos limbos correspondem às mais produtivas, dependendo essa correlação da cultivar considerada.

Para o P, apesar da segunda e terceira colocadas em produtividade terem se enquadrado no grupo "a", a primeira, a quarta e a quinta colocadas em produtividade se posicionaram no grupo "b" dos teores de P, o que reforça as evidências de que a correlação positiva entre teores de nutrientes e produtividade depende de uma série de fatores,

com destaques para o genótipo da planta, o nutriente em questão, dentre outros fatores concorrentes, que poderão interagir no sistema.

Analisando o S nos limbos, notamos também uma grande uniformidade entre as cultivares, porém, com a maioria delas se enquadrando no grupo “b”. Apenas as cultivares colocadas na sexta, décima terceira e décima quinta posições de produtividade se enquadraram no grupo “a” do S no limbo. Esses resultados reforçam ainda mais que nem sempre os maiores teores do nutriente corresponde às maiores produtividades de frutos comerciais, dependendo de outros fatores, com destaque para o genótipo da planta.

No Quadro 8 são apresentados os dados da **PTFC** da colheita do período Abr/Mai/Jun, do ano de 2010, com as comparações das médias entre as cultivares, e os dados dos macronutrientes, das amostras de pecíolos coletados em 25/05/2010, também com as comparações das médias entre as cultivares.

Visando estabelecer uma relação entre estado nutricional das plantas (N, P, K, Ca, Mg e S), aferidos em pecíolos foliares, e a produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC), para o trimestre Abr/Mai/Jun, as cultivares foram agrupadas em ordem decrescente de produtividade (médias comparadas entre as cultivares), estabelecendo-se o índice 100% para a mais produtiva e calculando os percentuais das demais cultivares com base na mais produtiva que, também nesse novo período, foi a Caliman 01 (Quadro 8). Alinhadas com essas cultivares, foram lançadas as respectivas médias de seus teores de macronutrientes nos pecíolos foliares coletados na época 25/05/2010, que também foram comparados entre as cultivares.

Cultivares de Mamoeiro	PTFC Abr/Mai/Jun		Pecíolo Foliar Data de coleta: 25/05/2010					
			N	P	K	Ca	Mg	S
	($t\ ha^{-1}$)	%	$g\ kg^{-1}$					
Caliman 01	19,51a	**100**	12,50 a	3,63 a	36,12 c	15,16 b	5,62 a	1,95 a
Sunrise Solo P. K.	17,28a	88,57	11,81 a	4,23 a	53,63 b	11,54 b	4,41 b	2,27 a
Caliman M-5	16,76a	85,90	12,20 a	3,45 a	52,08 b	19,39 a	5,24 a	2,00 a
Taiwan	16,02a	82,11	14,52 a	4,42 a	60,54 a	13,59 b	4,43 b	2,66 a
Regina	15,62a	80,06	12,40 a	4,75 a	52,54 b	12,54 b	4,25 b	2,10 a
Solo BS	14,24a	72,99	11,46 a	4,03 a	52,96 b	10,50 b	4,12 b	2,20 a
Sunrise Solo	13,69a	70,17	12,87 a	3,71 a	45,78 c	12,92 b	4,17 b	1,80 a
THBGG	13,65a	69,96	15,48 a	4,35 a	65,77 a	13,15 b	5,14 a	2,33 a
Gran Golden	13,44a	68,89	14,04 a	4,04 a	56,17 b	11,69 b	4,25 b	1,96 a
Isla	12,66a	64,89	13,67 a	4,96 a	63,22 a	14,22 b	5,32 a	2,37 a
Diva	10,89b	55,82	14,14 a	4,19 a	55,04 b	13,07 b	4,52 b	1,77 a
Golden	10,13b	51,92	16,62 a	3,68 a	56,83 b	11,22 b	4,25 b	2,15 a

Plus Seed	9,81b	50,28	14,94 a	3,84 a	70,86 a	12,93 b	4,43 b	2,35 a
BSA	9,78b	50,13	15,91 a	5,03 a	66,27 a	14,16 b	5,53 a	2,76 a
Brilhoso	2,84c	14,56	15,92 a	4,46 a	74,29 a	11,06 b	3,44 b	2,82 a

*: NMS: 0,05. Média harmônica do número de repetições (r): 4

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre sí em nível de 5%.

Quadro 8. Dados médios estimados de produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC) de cultivares de mamoeiro, em toneladas por hectare (t ha^{-1}), com respectivos percentuais em relação ao maior (100%), colhidos no período abr/mai/jun de 2010, e teores dos nutrientes (g kg-1) Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), aferidos em **pecíolos foliares** de quinze cultivares de mamoeiro, coletados em 25/05/2010, com as comparações das médias por meio do Teste Scott-Knott (1974) a 5%*, para as fontes de variação “cultivar”, “parte da folha amostrada” e, “cultivar x parte da folha amostrada” para nutrientes e, “cultivar”, “período de colheita”, “cultivar x período de colheita” para produtividade.

No Quadro 8, nota-se que no período de colheita abr/mai/jun houve uma maior homogeneidade de produtividade de frutos comerciais entre as dez primeiras colocadas, que se posicionaram todas no grupo “a”. Apenas quatro cultivares se posicionaram no grupo “b” e uma cultivar no grupo “c”. Portanto, as cultivares se comportaram de forma bem diferente entre os dois períodos avaliados, apesar de a cultivar Caliman 01 ter sido a mais produtiva nos dois períodos.

Nota-se também que nesse segundo período avaliado (abr/mai/jun), a cultivar Regina, que era a mais popular dos produtores de Iranduba, recuperou posição, tendo se posicionado, em termos absolutos, em quinto lugar de produtividade, com 15,62 t ha^{-1}, equivalendo à 80,06% da produtividade da primeira colocada, a Caliman 01 (19,51 t ha^{-1}).

Na época de coleta 25/05/2010 (Quadro 8), observa-se que os teores de macronutrientes nos pecíolos revelaram comportamento um pouco diferente, quando comparado com o período de coleta das amostras em 01/03/2010.

Nas amostras coletadas em 25/05/2010, houve grande homogeneidade dos teores de N, P e S entre as quinze cultivares, todas tendo se enquadrado no grupo “a”.

Já para o K, a cultivar mais produtiva, a Caliman 01, exibiu o mais baixo teor, sugerindo, mais uma vez, não haver correlação positiva entre este nutriente no pecíolo e a produtividade, conforme constatado também em pecíolos coletados na época 01/03/2010, para a primeira, a terceira, a quarta e a quinta cultivar melhor colocada em produtividade de frutos comerciais.

Com relação ao Ca e Mg, a maioria das cultivares se posicionaram no grupo “b”, com apenas a terceira cultivar mais produtiva se posicionando no grupo “a” para Ca, e as cultivares da primeira, terceira, oitava, décima e décima quarta posição de produtividade classificadas no grupo “a” para Mg.

No Quadro 9 são apresentados os dados da **PTFC** da colheita do período Abr/Mai/Jun, do ano de 2010, com as comparações das médias entre as cultivares, e os dados

dos macronutrientes, das amostras de limbos coletados em 25/05/2010, também com as comparações das médias entre as cultivares.

Visando estabelecer uma relação entre estado nutricional das plantas (N, P, K, Ca, Mg e S), aferidos em limbos foliares, e a produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC), para o trimestre Abr/Mai/Jun, as cultivares foram agrupadas em ordem decrescente de produtividade (médias comparadas entre as cultivares), estabelecendo-se o índice 100% para a mais produtiva e calculando os percentuais das demais cultivares com base na mais produtiva que, também nesse outro período avaliado, foi a Caliman 01 (Quadro 9). Alinhadas com essas cultivares, foram lançadas as respectivas médias de seus teores de macronutrientes nos limbos foliares coletados na época 25/05/2010, que também foram comparados entre as cultivares.

Cultivares de Mamoeiro	**PTFC Abr/Mai/Jun**		**Limbo Foliar Data de coleta: 25/05/2010**					
			N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
	(t ha-1)	**%**	**g kg-1**					
Caliman 01	19,51a	**100**	51,64 a	6,10 a	28,40 a	21,92 a	10,09 a	4,73 b
Sunrise Solo P. K.	17,28a	88,57	53,74 a	7,05 a	30,95 a	15,46 b	8,13 a	6,21 a
Caliman M-5	16,76a	85,90	56,17 a	7,04 a	35,56 a	17,61 b	8,82 a	7,29 a
Taiwan	16,02a	82,11	43,80 b	7,17 a	35,61 a	17,90 b	8,46 a	6,22 a
Regina	15,62a	80,06	56,06 a	7,59 a	32,11 a	14,18 b	7,86 a	5,13 b
Solo BS	14,24a	72,99	58,23 a	6,29 a	29,48 a	14,32 b	7,06 a	5,56 b
Sunrise Solo	13,69a	70,17	53,40 a	7,09 a	31,74 a	20,40 a	9,67 a	6,28 a
THBGG	13,65a	69,96	58,28 a	6,98 a	33,71 a	16,92 b	8,48 a	5,59 b
Gran Golden	13,44a	68,89	59,38 a	6,77 a	32,00 a	17,00 b	8,33 a	6,52 a
Isla	12,66a	64,89	54,07 a	7,36 a	33,05 a	19,96 a	9,81 a	6,77 a
Diva	10,89b	55,82	55,33 a	6,98 a	30,65 a	17,14 b	8,70 a	6,69 a
Golden	10,13b	51,92	59,15 a	6,84 a	31,79 a	16,22 b	8,55 a	6,33 a
Plus Seed	9,81b	50,28	56,76 a	6,76 a	32,68 a	17,09 b	8,46 a	6,46 a
BSA	9,78b	50,13	57,42 a	6,93 a	31,18 a	15,06 b	8,50 a	6,23 a
Brilhoso	2,84c	14,56	58,81 a	7,45 a	40,87 a	16,41 b	8,07 a	7,29 a

*: NMS: 0,05. Média harmônica do número de repetições (r): 4

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre sí em nível de 5%.

Quadro 9. Dados médios estimados de produtividade trimestral de frutos comerciais (PTFC) de cultivares de mamoeiro, em toneladas por hectare (t ha-1), com respectivos percentuais em relação ao maior (100%), colhidos no período abr/mai/jun de 2010, e teores dos nutrientes (g kg-1) Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), aferidos em **limbos foliares** de quinze cultivares de mamoeiros, coletados em 25/05/2010, com as comparações das médias por meio do Teste Scott-Knott (1974) a 5%*, para as fontes de variação “cultivar”, “parte da folha amostrada” e, “cultivar x parte da folha amostrada” para nutrientes e, “cultivar”, “período de colheita”, “cultivar x período de colheita” para produtividade

As considerações para a produtividade que foram apresentadas para o Quadro 8, são também válidas para o Quadro 9.

Notamos, na data de coleta das amostras de limbos em 25/05/2010, diferenças consideráveis, quando comparada com a data 01/03/2010. Verificou-se uma grande homogeneidade nos teores de N, P, K, Mg e S em limbos foliares, com todas as cultivares se posicionando no grupo “a”, exceto os casos: cultivar Taiwan que se enquadrou no grupo “b” para N; cultivares Caliman 01, Solo B S, THBGG e Regina, que se enquadraram no grupo “b” para S.

Com relação aos teores de Ca nos limbos, houve também grande homogeneidade entre as cultivares, com a maioria delas se posicionando no grupo “b”, exceção feita às cultivares Caliman 01, Isla e Sunrise Solo, classificadas no grupo “a”.

4 I SÍNTESE DAS AVALIAÇÕES REALIZADAS RELATIVAS AOS PERÍODOS DE COLHEITA DE FRUTOS (JAN/FEV/MAR E ABR/MAI/JUN) E ÀS ÉPOCAS DE COLETAS DE AMOSTRAS DE PECÍOLOS E LIMBOS (01/03/2010 E 25/05/2010)

A cultivar, o período de colheita e a interação entre ambos afetam a produtividade de frutos comerciais.

A cultivar Caliman 01 se destacou entre as quinze cultivares avaliadas, tanto no primeiro como no segundo trimestre, apresentando as maiores produtividades de frutos comerciais.

A cultivar Regina, selecionada empiricamente pelos produtores de Iranduba, apresentou uma baixa produtividade de frutos comerciais no primeiro trimestre, tendo se recuperado da décima segunda posição para a quinta posição, no segundo trimestre.

Na coleta das amostras de pecíolos da data 01/03/2010, houve grande homogeneidade dos teores de N, P, Ca e Mg, para as quinze cultivares, todas se enquadrando no grupo “a”, representando os maiores teores.

Em 01/03/2010, a maioria das cultivares revelaram os maiores teores de K nos pecíolos (grupo a), porém, quatro entre as cinco cultivares mais produtivas apresentaram teores que as enquadraram no grupo “b”.

Com os teores de S em 01/03/2010, apenas seis cultivares se posicionaram no grupo “a”, porém, as duas mais produtivas (Caliman 01 e Brilhoso), se posicionaram no grupo “b”.

Em 01/03/2010, os limbos foliares revelaram grande homogeneidade dos teores de K, Ca e Mg, para as quinze cultivares, todas colocadas no grupo “a”.

Em 01/03/2010, apenas Ca e Mg evidenciaram comportamentos semelhantes entre pecíolos e limbos, com o K mostrando uma tendência a esse mesmo comportamento.

Com os teores de N nos limbos (01/03/2010), apenas seis cultivares se enquadraram no grupo “a”, entretanto, cinco entre as seis primeiras colocadas em produtividade exibiram teores de N nos limbos que as classificaram no grupo “b”.

Nem sempre as plantas que evidenciam os maiores teores de N nos limbos (01/03/2010) correspondem às mais produtivas, dependendo essa correlação da cultivar considerada.

Para os teores de P no limbo (01/03/2010), apesar da segunda e terceira cultivares mais produtivas terem se enquadrado no grupo “a”, a primeira, a quarta e a quinta colocadas em produtividade se posicionaram no grupo “b” dos teores de P.

Há evidências de que a correlação positiva entre teores de nutrientes no limbo e produtividade (01/03/2010) depende de uma série de fatores, com destaques para o genótipo da planta, o nutriente em quastão, dentre outros fatores concorrentes, que poderão interagir no sistema.

Para teor de S no limbo (01/03/2010), houve também grande uniformidade entre as cultivares, com a maioria delas se enquadrando no grupo “b”. Apenas as cultivares colocadas na sexta, na décima terceira e na décima quinta posições de produtividade se enquadraram no grupo “a” do S no limbo.

Há evidências que nem sempre os maiores teores de S no limbo (01/03/2010) correspondem às maiores produtividades de frutos comerciais, dependendo de outros fatores, com destaque para o genótipo da planta.

Os pecíolos coletados em 25/05/2010 exibiram teores de N, P e S com grande homogeneidade entre as cultivares, com todas se enquadrando no grupo “a”, diferente do observado no período anterior.

Para K nos pecíolos (25/05/2010), Caliman 01, a mais produtiva, exibiu o mais baixo teor.

Os dados (25/05/2010) sugerem não haver correlação positiva entre o K no pecíolo e a produtividade, conforme constatado também em pecíolos coletados na época 01/03/2010, para a primeira, a terceira, a quarta e a quinta cultivar melhor colocada em produtividade de frutos comerciais.

Para Ca e Mg nos pecíolos (25/05/2010), a maioria das cultivares se posicionaram no grupo “b”, com apenas a terceira cultivar mais produtiva se posicionando no grupo “a” para Ca, e as cultivares da primeira, da terceira, da oitava, da décima e da décima quarta posição de produtividade classificadas no grupo “a” para Mg.

Houve grande homogeneidade nos teores de N, P, K, Mg e S em limbos foliares (25/05/2010), com todas as cultivares se posicionando no grupo “a”, exceto os casos: cultivar Taiwan que se enquadrou no grupo “b” para N; cultivares Caliman 01, Solo B S, THBGG e Regina, que se enquadraram no grupo “b” para S.

Para os teores de Ca nos limbos (25/05/2010), houve também grande homogeneidade entre as cultivares, com a maioria delas se posicionando no grupo “b”, exceção feita às cultivares Caliman 01, Isla e Sunrise Solo, classificadas no grupo “a”.

5 I CONCLUSÕES

A produtividade de frutos comerciais é afetada pela cultivar, pelo período de colheita e pela interação entre estes dois fatores.

A cultivar Caliman 01 se destacou entre as quinze cultivares testadas, no primeiro e no segundo trimestre, apresentando as maiores produtividades de frutos comerciais.

A cultivar Regina, selecionada empiricamente pelos produtores de Iranduba, apresentou uma baixa produtividade de frutos comerciais no primeiro trimestre, tendo se recuperado da décima segunda posição para a quinta posição, no segundo trimestre.

Os teores dos macronutrientes em pecíolos foliares apresentaram, em geral, grande homogeneidade entre as cultivares na mesma época e, considerável heterogeneidade, entre as duas épocas avaliadas.

Os teores dos macronutrientes em limbos foliares apresentaram, em geral, grande homogeneidade entre as cultivares na mesma época e, considerável heterogeneidade, entre as duas épocas avaliadas.

Para as avaliações do estado nutricional do mamoeiro podem ser utilizados tanto pecíolos como limbos foliares, com uma ligeira vantagem para os pecíolos que, aparentemente, são mais estáveis.

REFERÊNCIAS

ANTONIO, I. C. **Boletim agrometeorológico 1998**: Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental, no Km 29 da Rodovia AM 010. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 28 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 42).

COSTA, A. N. da Uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) no mamoeiro. In: MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas, BA: EUFBA/EMBRAPA-CNPMF, 1996. p. 49-55

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINS, D. dos S., COSTA, A. de F. S. da. (Eds.) **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003. 497 p.

NORONHA, A. C. S., SANTOS FILHO, H. P., SANCHES, N., LOPES, F. F., OLIVEIRA, A. M. G., SANTOS, M. J. Procedimentos para o monitoramento de pragas em mamoeiro no extremo Sul do Estado da Bahia. In: MARTINS, D. dos S. (org.). Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão. Vitória: Incaper, 2005. p. 458-460.

SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. R. T., ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (5ª ed.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

SCOTT, A. J., KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, v.30, n.3, p.507-12, 1974.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo** (3ª ed.). Brasília: Embrapa, 2017.

CAPÍTULO 16

HORTALIÇAS COMO ALTERNATIVA PARA PROMOÇÃO DA BIOFORTIFICAÇÃO MINERAL

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 12/11/2021

Ádila Pereira de Sousa
Universidade Federal do Tocantins, Mestranda em Produção Vegetal
Gurupi – Tocantins
https://orcid.org/0000-0002-2091-7639

Evandro Alves Ribeiro
Universidade Federal do Tocantins, Doutorando em Produção Vegetal
Gurupi – Tocantins
https://orcid.org/0000-0003-0747-2046

Heloisa Donizete da Silva
Universidade Federal do Tocantins, Doutoranda em Produção Vegetal
Gurupi – Tocantins
https://orcid.org/0000-0003-2509-0762

Ildon Rodrigues do Nascimento
Universidade Federal do Tocantins, Professor do curso de Agronomia e do programa de Pós-graduação em Produção Vegetal
Gurupi – Tocantins
https://orcid.org/0000-0002-8348-9993

Simone Pereira Teles
Universidade Federal do Tocantins, Doutoranda em Produção Vegetal
Gurupi – Tocantins
https://orcid.org/0000-0002-8974-0288

Liomar Borges de Oliveira
Universidade Federal do Tocantins, Doutorando em Produção Vegetal
Gurupi – Tocantins
http://lattes.cnpq.br/3117333094681641

João Francisco de Matos Neto
Universidade Federal do Tocantins, Graduando em Agronomia
Gurupi – Tocantins
http://lattes.cnpq.br/2218313069346899

Danielly Barbosa Konrdorfer
Universidade Federal do Tocantins, Graduanda em Agronomia
Gurupi – Tocantins
http://lattes.cnpq.br/7052744789935291

Regina da Silva Oliveira
Universidade Federal do Tocantins, Graduanda em Agronomia
Gurupi – Tocantins
http://lattes.cnpq.br/4413654504521936

Indira Rayane Pires Cardeal
Universidade Federal do Tocantins, Graduanda em Agronomia
Gurupi – Tocantins
https://orcid.org/0000-0002-2243-0752

Bruno Henrique di Napoli Nunes
Universidade Federal do Tocantins, Graduando em Agronomia
Gurupi – Tocantins
https://orcid.org/0000-0003-3584-5487

Lucas Eduardo Morais
Universidade Federal do Tocantins, Graduando em Agronomia
Gurupi – Tocantins
http://lattes.cnpq.br/0629348641862595

RESUMO: A biofortificação vegetal é uma estratégia promissora para aumentar o conteúdo

de nutrientes das plantas. Como os minerais possuem funcionalidades importantes no metabolismo humano, considera-se a possibilidade de enriquecer produtos frescos consumidos, como as hortaliças, adotando abordagens agronômicas específicas. Esta revisão discute pesquisas mais recentes sobre biofortificação agronômica de hortaliças, visando aumentar nas porções comestíveis o conteúdo de minerais importantes, como Iodo (I), zinco (Zn), Lítio (Li), selênio (Se) e ferro (Fe). Mesmo a biofortificação agronômica sendo considerada um método promissor, a abordagem é complexa e considera várias interações ocorrendo a nível de cultura, bem como a biodisponibilidade de diferentes minerais nas plantas. Ficou evidente que poucos estudos fazem uma abordagem ampla dos processos e protocolos para a biofortificação agronômica das hortaliças como alternativa para promover a biofortificação dessas culturas.
PALAVRAS-CHAVE: Olerícolas. Qualidade nutricional. Teor de nutrientes. Adubação.

VEGETABLES AS AN ALTERNATIVE TO PROMOTE MINERAL BIOFORTIFICATION

ABSTRACT: Plant biofortification is a promising strategy to increase the nutrient content of plants. As minerals have important functionalities in human metabolism, the possibility of enriching consumed fresh products, such as vegetables, is considered, adopting specific agronomic approaches. This review discusses more recent research on agronomic biofortification of vegetables, aiming to increase in edible portions the content of important minerals, such as Iodine (I), zinc (Zn), Lithium (Li), selenium (Se) and iron (Fe). Even though agronomic biofortification is considered a promising method, the approach is complex and considers several interactions occurring at the crop level, as well as the bioavailability of different minerals in plants. It was evident that few studies make a broad approach to the processes and protocols for the agronomic biofortification of vegetables as an alternative to promote the biofortification of these crops.
KEYWORDS: Vegetables. Nutritional quality. Nutrient content. Fertilizing.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso de adubos orgânicos sólidos ou líquidos na produção agrícola teve um crescimento acelerado no Brasil em função dos seguintes aspectos: altos custos dos fertilizantes químicos, conservação dos recursos do meio ambiente, a prática de uma agricultura ecológica e melhoria da qualidade dos produtos colhidos (OLIVEIRA et al., 2013).

Uma alimentação balanceada é a melhor maneira de obter todos os nutrientes que são importantes para o sistema imunológico. Nesse quesito, alimentos biofortificados estão sendo desenvolvidos no Brasil e em países da América Central, África e Ásia para combater o que é denominado “fome oculta”, que é a carência de micronutrientes e vitaminas essenciais para a saúde (NESTEL et al., 2006). Uma das estratégias para solucionar esse problema de desnutrição mundial, seria através do melhoramento genético de plantas, desenvolvendo plantas com maiores teores de vitaminas e micronutrientes ou

então seleção de variedades que são mais eficientes em acumular nutrientes que são disponibilizados via adubação.

Suplementação e a biofortificação dos alimentos, são métodos alternativos para reduzir a falta de micronutrientes ou oligoelementos no corpo humano, dentre os elementos, se incluem principalmente os micronutrientes orais na forma de pílulas ou em pó, como ferro e zinco (RAWAT et al., 2013). Estar com as condições nutricionais em dia, por meio do consumo adequado de alimentos saudáveis e água potável, contribui para o fortalecimento do sistema imunológico, para a manutenção e a recuperação da saúde.

Algumas das técnicas que podem ser utilizadas para biofortificação agronômica, é a adubação via solo, foliar, na solução nutritiva ou no tratamento de semente, caracterizando-se como técnicas de menor custo, resultado imediato e também mais acessíveis (LOUREIRO et al., 2018). A biofortificação se diferencia dos outros métodos por incorporar nutrientes no metabolismo vegetal, promovendo o aumento do teor de nutrientes dos alimentos no tecido vegetal sem efeitos colaterais para as pessoas e sem comprometer a qualidade final do produto (DÍAZ-GÓMEZ et al., 2017).

Na tabela 1 têm se um resumo de uma revisão de literatura dos resultados de trabalhos que reportam a biofortificação em hortaliças.

Elemento	Cultura	Revistas Scopus®	Concentração Média (2) (mg kg^{-1})		Aumento médio	Dose para raízes ou folhas (mg L^{-1})	
			Min	Max		Min	Max
I	Manjericão	2	1	287	>100 vezes	0,1	127
I	Repolho	3	0,1	2,5	34,4 vezes	0,1	0,6
I	Cenoura	7	0,1	7,8	>50 vezes	1	50
I	Feijão-Caupi	2	4	1566	>100 vezes	0,7	15
I	Alface	18	2	42,0	17,9 vezes	0,1	50
I	Mostarda	2	0	0,4	41 vezes	0,7	1,1
I	Cebola	1	0	1,0	>50 vezes	0	I
I	Batata	3	0,1	0,7	11,3 vezes	0,6	I
I	Espinafre	8	4,5	22,4	4,0 vezes	1	I
I	Tomate	5	0,1	12,0	>100 vezes	1	634
Zn	Rúcula microgreens	1	3,0	70	22,3 vezes	0	10
Zn	Brócolis	1	9,4	133	13,2 vezes	121	408
Zn	Repolho	4	4,1	39,1	8,6 vezes	5	260
Zn	Cenoura	1	42,1	802	18,1 vezes	2,8	303
Zn	Couve	1	5,8	167	27,8 vezes	2,8	303
Zn	Alface	3	2,2	30,4	12,8 vezes	5,2	60
Zn	Quiabo	1	3,0	5,0	0,7 vezes	2,8	303
Zn	Cebola	1	2,5	7,8	2,1 vezes	0	10

Zn	Batata	3	2,7	4,9	0,8 vezes	9,7	250
Li	Alface	1	0,052	0,062	0,2 vezes	16	64
Se	Manjericão	4	0	8,3	>100 vezes	2	12
Se	Brócolis	1	1,1	19,2	15,7 vezes	10	100
Se	Cenoura	3	0,1	1,8	35 vezes	0,3	3,9
Se	Acelga	1	0	0,5	45 vezes	0	10
Se	Pepino	1	0	0,2	7,6 vezes	0	30
Se	Endívia	1	0,1	1,2	23,6 vezes	0,3	0,6
Se	Alho	2	0,1	6,1	>50 vezes	0,1	15
Se	Alface	12	0,1	6,9	>100 vezes	0,5	20
Se	Cebola	3	0,4	17,7	49,5 vezes	2,0	20
Se	Batata	4	0,1	1,6	16,6 vezes	0,5	0,8
Se	Rabanete	4	0,3	18,2	>50 vezes	1	23,7
Se	Espinafre	2	0,1	2,2	21,1 vezes	0,2	0,3
Se	Morango	1	0,5	3,0	5,2 vezes	0	4
Se	Tomate	3	0,3	3,4	9,1 vezes	5	20
Se	Nabo	1	0,4	10,6	24,3 vezes	0,2	2
Fe	Rúcula microgreens	1	4,9	111	21,6 vezes	0	40
Fe	Alface	1	2,3	4,3	0,9 vezes	0,8	112
Fe	Batata-doce	1	185	253	0,4 vezes	0	100

[1] Nesta tabela, os dados referem-se a pesquisas sobre Scopus® utilizando "biofortificação" e "vegetais" como palavras-chave realizadas em outubro de 2021. Os trabalhos que testaram mais de uma espécie foram contados mais de uma vez. [2] Calculado na porção comestível (Buturi, 2021). Adaptado pelos autores.

Tabela 1. Respostas das hortaliças a biofortificação mineral.

Algumas hortaliças que podem ser utilizadas como veículo de biofortificação, através da correção nos teores nutricionais dos alimentos como, lítio em alface (FARIA, 2018), zinco em rúcula (REYES, 2017), selênio em batata-doce (MARZULLO, 2021), iodo em cenoura (SMOLÉN et al., 2018) e ferro em tomate (GUIRRA et al., 2015).

Das áreas agrícolas do Brasil, a região do cerrado apresenta características químicas e físicas que favorece a baixa disponibilidade de nutrientes para a planta, que resulta em sintomas de deficiência frequentes devido as constantes exportações de micronutrientes, sem a devida reposição (NETO et al., 2019). Dessa forma, além do suprimento de micronutrientes em solos deficientes, a prática de fertilização visando a biofortificação dos alimentos, contribuiria para solucionar o problema de desnutrição que afeta cerca 1/3 da população mundial (CLEMENS, 2017).

1.1 Nutrientes promissores para promover a biofortificação em hortaliças

1.1.1 Ferro (Fe)

O ferro (Fe) é um elemento mineral essencial para quase todos os seres vivos, no ser humano sua deficiência pode ocorrer pela inadequação da ingestão dietética, pelo aumento das necessidades fisiológicas do nutriente e/ou pelo aumento das perdas. Por isso a importância da manutenção dos estoques de ferro, devido dietas humanas muitas vezes conter apenas o suficiente para substituir as pequenas perdas de ferro, podendo ocasionar a anemia como consequência (LEMOS et al., 2010)

Vários processos fisiológicos como fotossíntese, respiração, fixação de nitrogênio e síntese de DNA e de hormônios (SAHRAWAT, 2004) são dependentes da presença do ferro. Atua na desintoxicação de espécies reativas de oxigênio (superóxido dismutase), bem como na assimilação de nitrogênio (nitrato e nitrato redutase) (CURIE et al., 2009). A deficiência desse elemento nas plantas causa diminuição da clorofila e de outros pigmentos que captam luz, assim como das atividades de carregadores de elétrons de ambos os fotossistemas. Portanto, a deficiência de Fe afeta inicialmente o desenvolvimento e a função do cloroplasto (KIRKBY & RÖMHELD, 2007).

Laurett et al. (2017) observaram decréscimos na produção da matéria seca das raízes na alface e da rúcula, com o aumento da concentração de Fe. A concentração de 45 $\mu mol.L^{-1}$ de ferro para a produção da alface Vitória de Santo Antão e da rúcula em sistema hidropônico, acima dessa concentração de ferro em solução nutritiva, reduz o desenvolvimento da alface Vitória de Santo Antão e da rúcula.

1.1.2 Iodo (I)

O iodo (I), há mais de 100 anos tem sido associado como o elemento necessário a um correto funcionamento da tireoide e na produção dos principais hormônios ideias. Este apresenta um processo ativo na biossíntese das hormônios da tireoide, como a tiroxina e triiodotironina, e é também associado a produção de várias hormônios com ação no corpo humano (KÖHRLE, 2018).

Vários países implementaram com sucesso a iodização universal do sal para suplementação dietética com I. No entanto, o uso de sal iodizado ainda é inadequado devido à perda de iodo durante o armazenamento, transporte e cozimento (ABURTO et al., 2014). Além disso, muitos países têm implementado políticas que visam reduzir o consumo de sal para prevenir hipertensão e doenças cardiovasculares (GONZALI et al., 2017).

O nível de I na solução de nutrientes enriquecido com iodeto de potássio é de 10 µM. Esta concentração foi escolhida como base em trabalhos com concentração de I na solução de nutrientes que varia de 0,4 a µM demonstrando que a suplementação de I reduz o crescimento em muitos vegetais cultivados hidroponicamente apenas em concentrações

superiores a 10-12 μM (GONNELLA et al., 2019).

Além disso, foi detectado que o maior fator de translocação iodo é na concentração de 10 μM KI; assim, essa concentração segundo estudos resulta como a mais eficiente para a biofortificação (BLASCO et al., 2008).

1.1.3 Zinco (Zn)

O zinco (Zn) é um micronutriente de grande importância para os vegetais, pois é requerido de forma catalítica e estrutural por diversas enzimas como a desidrogenase alcoólica, anidrase carbônica, proteinases e peptidases (WHITE & BROADLEY, 2011).

O Zn é encontrado em vários alimentos, dentre eles, na carne bovina, em ostras, amêndoas, castanha do Pará, fígado, moluscos, ovos, farinha de soja (TACO, 2011). Porém, estas fontes de Zn podem não ser acessíveis para pessoas de baixa renda. Dessa maneira, a biofortificação de hortaliças folhosas como a alface crespa é uma boa alternativa para suprimento da carência nutricional.

Quando o zinco é aplicado via solo, a concentração do elemento nos tecidos apresenta a seguinte ordem: raiz ≈ parte aérea $^{>}$ frutos, sementes, tubérculos. A forma de aplicação do Zn é imprescindível para alcançar o sucesso da biofortificação agronômica do micronutriente (VELU et al., 2014). Deve-se ressaltar que em função da baixa disponibilidade natural nos solos, o Zn é o elemento mais utilizado nos programas de adubação para as culturas anuais (INOCÊNCIO, 2014).

A disponibilidade de Zn paras as plantas, é feito pela solubilização e mobilização do Zn no solo (CARVALHO & VASCONCELOS, 2013). Quando se usa aplicação de fertilizantes, as fontes mais utilizadas são sulfato de zinco, óxido de zinco, cloreto de zinco, e quelatos (FAGERIA, 2002). Nos estudos de biofortificação agronômica com Zn, o solo é considerado a principal via de aplicação (INOCÊNCIO, 2014). Nesse quesito, resultados positivos de aumento das concentrações de zinco em culturas folhosas, de hastes e de raízes (WHITE & BROADLEY, 2011) têm sido relatados.

Levando em consideração apenas os resultados do teor de zinco foliar, pode-se dizer que o teor de Zn está dentro do limite que pode ser consumido pelas pessoas sem prejuízos à saúde, além de estar entre os valores de referência de tecido vegetal de alface (entre 25-250 mg kg^{-1}) (RIBEIRO et al., 1999).

1.1.4 Selênio (Se)

O selênio (Se) é um micronutriente essencial para os seres humanos, seu consumo vem de alimentos de origem animal e vegetal, que mostram variações em seu conteúdo e disponibilidade (HU et al., 2018).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o consumo de Se na dieta humana deve ser de 55 a 200 μg/dia por adulto (STEFANI et al., 2020). Previne danos

celulares, alterações na tireoide, confusão mental, depressão, mutações, câncer, entre outros (KAVČIČ et al., 2020). No entanto, estima-se que 15% da população apresente deficiências desse micronutriente sendo um problema de saúde mundial (NEDELKOV et al., 2020).

O uso apropriado na nutrição vegetal pode aumentar o crescimento, estimular a germinação de sementes e contribuir para proteger várias culturas contra patógenos e pragas (PANDEY, 2015). A concentração de Se no solo é relativamente baixa e varia de acordo com o tipo de rochas, sendo geralmente entre 0,01 e 7 mg kg^{-1}, com uma média mundial de 0,4 mg kg^{-1} (LOPES et al., 2017).

A aplicação foliar do Se em estágios de crescimento tardio parece otimizar a absorção, translocação e distribuição para as porções comestíveis das plantas, enquanto o uso de fontes como o selenato é mais eficientemente acumulado em tecidos vegetais do que selenita (DENG et al., 2017). O teor tolerável de Se na maioria das espécies vegetais é entre 10 e 100 mg $kg^{-1,}$ alguns vegetais da família Asteraceae, Brassicaceae e Fabaceae, com a aplicação de Se exógeno pode acumular até 1 g kg^{-1} massa seca, sendo um bom alvo para a biofortificação (WHITE, 2015).

Algumas hortaliças aumentaram a concentração de Se presente nas folhas, como manjericão através da aplicação foliar de selenita de sódio (Na_2SeO_3) a 10 µM com aumento na concentração de Se em folhas para até 10,74 mg kg^{-1} de massa foliar (mais de 700 vezes maior do que as plantas não tratadas) (SKRYPNIK et al., 2019).

Em alface, com aplicações foliares de Na_2SeO_4 (0,633 mM), a partir da fase de seis folhas, resultaram em folhas enriquecidas com até 40 mg kg^{-1} de folha, sendo cerca de 40 vezes maior que o controle (SMOLEN et al., 2018). Em rabanete a pulverização de 5 mg na planta por sete dias antes da colheita foi capaz de produzir raízes com 346,5 mg Se kg^{-1} de matéria seca (SCHIAVON et al., 2016).

1.1.5 Lítio (Li)

O lítio (Li) é considerado um metal alcalino bastante leve. De acordo com o critério de necessidade, não é essencial para as plantas, mas é essencial para o homem, sendo muito importante, pois, o seu baixo fornecimento pode causar aumento nos transtornos de humor e personalidade, que ocorre principalmente em pacientes com transtorno bipolar (REIS et al., 2015; FRANZARING et al., 2016).

No solo, desde plantas silvestres até cultivos agronômicos, qualquer tipo de planta absorverá Li em pequena quantidade, embora não ser considerado um nutriente necessário para seu desenvolvimento normal (HAWRYLAK-NOWAK et al., 2012). Em altas concentrações, pode ter efeitos tóxicos nas plantas, incluindo a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), que reduzem a captura fotossintética, condução estomática, taxa de transpiração e limitam a carboxilação, reduzindo assim a taxa fotossintética da

planta (JIANG et al., 2014; SHAHZAD et al., 2016).

A absorção de Li em altas concentrações, pode induzir uma série de alterações nas plantas, principalmente se este elemento for absorvido em altas quantidades (SHAHZAD et al., 2016). Doses elevadas podem influenciar negativamente as características desde agronômicas e fisiológicas, independente da cultivar utilizada, caracterizando uma condição tóxica para as plantas. Faria (2018) encontrou uma dose ideal de Li para cultivo de alface entre 59 e 36 g Li ha^{-1}, e demonstrou que doses acima de 64 L ha^{-1}, são prejudiciais para o desenvolvimento da cultura.

2 | CONCLUSÕES

A adubação de hortaliças para promoção da biofortificação deve ser mais explorada, na busca de um maior arcabouço de informações para se definir os melhores manejos para cada cultura.

Estudos sobre biofortificação agronômica estão sendo cada vez mais frequentes, porém, ainda existe a necessidade de estudos aprofundados com mais culturas olerícolas para as áreas agrícolas do Brasil, para melhorar o nível de informações da sociedade em geral.

REFERÊNCIAS

ABURTO, N. J.; ABUDOU, M.; CANDEIAS, V.; & TIAXIANG WU, P. Effect and safety of salt iodization to prevent iodine deficiency disorders: a systematic review with meta-analyses. **World Health Organization**, p. 91–93, 2014. Disponível em: <www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html>. Acesso em: 21 out. 2021.

BLASCO, B.; RIOS, J. J.; CERVILLA, L. M.; SÁNCHEZ-RODRIGEZ, E.; RUIZ, J. M.; & ROMERO, L. Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: Potential benefits for cultivation and human health. **Annals of Applied Biology**, v.152, n. 3, p. 289–299, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00217.x>. Acesso em: 23 out. 2021.

BUTURI, C. V.; MAURO, R. P.; FOGLIANO, V.; LEONARDI, C.; & GIUFFRIDA, F. Mineral biofortification of vegetables as a tool to improve human diet. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 1–23, 2021. Dispoível em: <https://doi.org/10.3390/foods10020223>. Acesso em: 23 out. 2021.

CARVALHO, S. M. P.; & VASCONCELOS, M. W. Producing more with less: Strategies and novel technologies for plant-based food biofortification. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 961–971, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.021>. Acesso em: 26 out. 2021.

CLEMENS, S. How metal hyperaccumulating plants can advance Zn biofortification. **Plant and Soil**, v. 411, n. 1, p. 111-120, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2920-3>. Acesso em: 01 nov. 2021

CURIE, C.; CASSIN, G.; COUCH, D.; DIVOL, F.; HIGUCHI, K.; LE JEAN, M.; MISSON, J.; SCHIKORA, A.; CZERNIC, P.; & MARI, S. Metal movement within the plant: Contribution of nicotianamine and yellow stripe 1-like transporters. **Annals of Botany**, v. 103, n. 1, p. 1–11, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn207> Acesso em: 26 out. 2021.

DENG, X.; LIU, K.; LI, M.; ZHANG, W.; ZHAO, X.; ZHAO, Z.; & LIU, X. Difference of selenium uptake and distribution in the plant and selenium form in the grains of rice with foliar spray of selenite or selenate at different stages. **Field Crops Research**, v. 211, n. 1, p. 165–171, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.008>. Acesso em: 27 out. 2021.

DÍAZ-GÓMEZ, J.; TWYMAN, R. M.; ZHU, C.;; FARRÉ, G.; SERRANO, J. C.; PORTERO-OTIN, M.; MUÑOZ, P.; SANDMANN, G.; CAPELL, T.; & CHRISTOU, P. Biofortification of crops with nutrients: factors affecting utilization and storage. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 44, p. 115–123, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.12.002>. Acesso em: 27 out. 2021.

FAGERIA, N. K. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1765–1772, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001200013>. Acesso em: 27 out. 2021.

FARIA, A. J. G. Biofortificação com lítio em plantas de alface via adubação foliar. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal). Gurupi, Universidade Federal do Tocantins, 73 p., 2018.

FRANZARING, J.; SCHLOSSER, S.; DAMSOHN, W.; & FANGMEIER, A. Regional differences in plant levels and investigations on the phytotoxicity of lithium. **Environmental Pollution**, v. 216, p. 858–865, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.059>. Acesso em: 28 out. 2021.

GONZALI, S.; KIFERLE, C.; & PERATA, P. Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 44, p. 16–26, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.10.004>. Acesso em: 28 out. 2021.

GUIRRA, K. S.; DA SILVA, J. E. S. B.; DA SILVA, G. C. S. B.; DANTAS, B. F.; & ARAGÃO, C. A. Germinação de sementes de tomateiro tratadas com fontes de ferro e zinco para biofortificação agronômica. **Scientia Plena**, v. 11, n. 10, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2015.100201>. Acesso em: 01 nov. 2021.

HAWRYLAK-NOWAK, B.; KALINOWSKA, M.; & SZYMAŃSKA, M. A study on selected physiological parameters of plants grown under lithium supplementation. **Biological Trace Element Research**, v. 149, n. 3, p. 425–430, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9435-4>. Acesso em: 29 out. 2021.

HU, T.; LIANG, Y.; ZHAO, G.; WU, W.; LI, H.; & GUO, Y. Selenium Biofortification and Antioxidant Activity in Cordyceps militaris Supplied with Selenate, Selenite, or Selenomethionine. **Biological Trace Element Research**, v. 187, n. 2, p. 553–561, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1386-y>. Acesso em: 29 out. 2021.

INOCENCIO, M. F. Frações de zinco no solo e biofortificação agronômica com selênio, ferro e zinco em soja e trigo. **Tese de Doutorado em Ciência do Solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, p., 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4433>. Acesso em: 29 out. 2021.

JIANG, L.; WANG, L.; MU, S. Y.; & TIAN, C. Y. Apocynum venetum: A newly found lithium accumulator. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 5-6, p. 285–289, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.03.007>. Acesso em: 29 out. 2021.

KAVČIČ, A.; BUDIČ, B.; BUDIČ, B.; & VOGEL-MIKUŠ, K. The effects of selenium biofortification on mercury bioavailability and toxicity in the lettuce-slug food chain. **Food and Chemical Toxicology,** v. 135, p. 110939, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110939>. Acesso em: 29 out. 2021.

KIRKBY, E. A.; & RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas- Funções, Absorção e Mobilidade. **Informações Agronômicas**, v. 118, n. 2, p. 1–24, 2007. Disponível em: < http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/$FILE/Encarte-118.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

KÖHRLE, J. Thyroid hormones and derivatives: Endogenous thyroid hormones and their targets. **Methods in Molecular Biology**, v. 1801, p. 85–104, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7902-8_9>. Acesso em: 26 out. 2021.

LAURETT, L.; FERNANDES, A. A.; SCHMILDT, E. R.; ALMEIDA, C. P.; & PINTO, M. L. P. B. Desempenho da alface e da rúcula em diferentes concentrações de ferro na solução nutritiva. **Revista de Ciências Agrárias Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 45-52, 2017. Disponível em: <http://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2466>. Acesso em: 25 out. 2021.

LEMOS, A. DOS R.; ISMAEL, L. A. S.; BOATO, C. C. M.; & BORGES, M. T. F. A hepcidina como parâmetro bioquímico na avaliação da anemia por deficiência de ferro. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, p. 596-599, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-42302010000500024>. Acesso em: 25 out. 2021.

LOPES, G.; ÁVILA, F. W.; ROBERTO, L.; & GUILHERME, G. Selenium behavior in the soil environment and its implication for human health. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 6, p. 605–615, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-70542017416000517>. Acesso em: 28 out. 2021.

LOUREIRO, M. P.; CUNHA, L. R. DA; NASTARO, B. T.; PEREIRA, K. Y. DOS S.; & NEPOMOCENO, M. DE L. Biofortificação de alimentos: problema ou solução?. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, n. 2, p. 66-84, 2018. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8652300>. Acesso em: 28 out. 2021

MARZULLO, Y. O. T. Biofortificação com selênio na batata-doce. **Dissertação (mestrado)**. Botucatu, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 67 p., 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/205117>. Acesso em: 01 nov. 2021

NEDELKOV, K.; CHEN, X. J.; MARTINS, C. M. M. R.; MELGAR, A.; HARPER, M. T.; RÄISÄNEN, S.; OH, J.; FELIX, T. L.; WALL, E.; & HRISTOV, A. N. Alternative selenium supplement for sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 261, p. 1–6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114390>. Acesso em: 25 out. 2021

NETO, D. P. M. T.; de FARIA, A. J. G.; RIBEIRO, E. A.; da Silva RIBEIRO, F.; & da COSTA, R. Óxidos e óxi-sulfatos como fontes de micronutrientes na construção da fertilidade de solo de cerrado. **Food Science**, v. 6, n. 4, p. 109-118, 2019. Disponível em: < https://doi.org/10.18067/jbfs.v6i4.260>. Acesso em: 01 nov. 2021

OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, A. N.; SILVA, O. P. R. DA; PINHEIRO, S. M.; & NETO, A. D. G. Rendimento do quiabo adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2629–2636, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6p2629>. Acesso em: 25 out. 2021

PANDEY, R. Mineral nutrition of plants. **Plant Biology and Biotechnology: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement**, v. 1, p. 499–538, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_20>. Acesso em: 26 out. 2021

RAWAT, N.; NEELAM, K.; TIWARI, V. K.; & DHALIWAL, H. S. Biofortification of cereals to overcome hidden hunger. **Plant Breeding**,v. 132, n. 5, p. 437–445, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pbr.12040>. Acesso em: 25 out. 2021

REIS, J. A. DOS; GERON, V. L. M. G.; BRONDANI, F. M. M.; FAGUNDES, D. S.; & LIMA, R. R. O. Lítio: Tratamento de primeira escolha no transtorno bipolar. **Revista Cientifica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 27–37, 2015. Disponível em: <https://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/1112/1/REIS,%20J.%20A.,%20et.%20al%20-%20L%C3%8DTIO..TRATAMENTO%20DE%20PRIMEIRA%20ESCOLHA%20NO%20TRANSTORNO%20BIPOLAR.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021

REYES, S. M. R. Aplicação foliar de zinco na biofortificação de rúcula. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo).** Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Filho, 40 p., 2017.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; & ALVAREZ, V. H. 5° Aproximação. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, p. 13–20, 1999. Disponível em: <https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais>. Acesso em: 26 out. 2021

SAHRAWAT, K. L. Iron Toxicity in Wetland Rice and the Role of Other Nutrients. **Journal of plant nutrition**, v. 27, n. 8, p. 1471–1504, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/PLN-200025869>. Acesso em: 26 out. 2021

SCHIAVON, M.; BERTO, C.; MALAGOLI, M.; TRENTIN, A.; SAMBO, P.; DALL'ACQUA, S.; & PILON-SMITS, E. A. H. Selenium biofortification in radish enhances nutritional quality via accumulation of methyl-selenocysteine and promotion of transcripts and metabolites related to glucosinolates, phenolics amino acids. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01371>. Acesso em: 26 out. 2021

SHAHZAD, B.; TANVEER, M.; HASSAN, W.; SHAH, A. N.; ANJUM, S. A.; CHEEMA, S. A.; & ALI, I. Lithium toxicity in plants: Reasons, mechanisms and remediation possibilities – A review. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 107, p. 104–115, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.034>. Acesso em: 28 out. 2021

SKRYPNIK, L.; NOVIKOVA, A.; & TOKUPOVA, E. Improvement of phenolic compounds, essential oil content and antioxidant properties of sweet basil (Ocimum basilicum L.) depending on type and concentration of selenium application. **Plants**, v. 8, n. 11, p. 1–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants8110458>. Acesso em: 26 out. 2021

SMOLEN, S.; KOWALSKA, I.; & SADY, W. Assessment of biofortification with iodine and selenium of lettuce cultivated in the NFT hydroponic system. **Scientia Horticulturae**, v. 166, p. 9–16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.011>. Acesso em: 26 out. 2021

STEFANI, S.; HALIM, L.; ANDAYANI, D. E.; & WITJAKSONO, F. Selenium in Hyperthyroidism. **World Nutrition Journal**, v. 3, n. 2, p. 24, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.25220/wnj.v03.i2.0004>. Acesso em: 27 out. 2021

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO. NEPA, 2011. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=tabela+brasileira+de+composição+de+alimentos+-+taco.+4.+ed.+Campinas%3A+NEPA-+UNICAMP%2C+2011.&rlz=1C1AVFC_enBR937BR937&oq>. Acesso em: 30 out. 2021

VELU, G.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; CAKMAK, I.; HAO, Y.; & SINGH, R. P. Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. **Journal of Cereal Science,** v. 59, n. 3, p. 365–372, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.09.001>. Acesso em: 26 out. 2021

WHITE, P. J. Selenium accumulation by plants. **Annals of Botany**, v. 117, n. 2, p. 217–235, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcv180>. Acesso em: 26 out. 2021

WHITE, P. J., & BROADLEY, M. R. Physiological limits to zinc biofortification of edible crops. **Frontiers in Plant Science**, n. 2, p. 80, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2011.00080>. Acesso em: 28 out. 2021

CAPÍTULO 17

ANÁLISE DO USO DA TERRA CONSIDERANDO AS FACES DO TERRENO NA BACIA DO RIO PIRACICABA EM MINAS GERAIS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 01/09/2021

Rafael Aldighieri Moraes
Universidade do Estado de Minas Gerais
João Monlevade/MG
lattes.cnpq.br/1877072732800242

RESUMO: Diversos fatores influenciam as interações do meio ambiente, sejam antrópicas ou naturais. Em um contexto de bacia hidrográfica, o uso da terra pode causar tanto conservação como degradação ambiental, diminuindo a fertilidade dos solos e disponibilidade hídrica. Dentre os vários fatores, o objetivo deste trabalho foi avaliar se o aspecto do terreno (direção da declividade) afeta o tipo de uso da terra, já que no caso de regiões montanhosas, pode prejudicar a disponibilidade solar. Os resultados indicam que há um predomínio das áreas antropizada (pastagens, floresta plantada, agricultura) com faces do terreno voltada para norte e áreas naturais (formação florestal) em faces sul. Somente pastagem, 64% ocupa faces norte e formação florestal, 58% das faces sul. Provavelmente pela área de estudo pertencer a uma região ondulada e montanhosa, e próximo do trópico de capricórnio, áreas com face norte recebem mais radiação solar direta, tornando-se mais produtivas e assim mais antropizada.
PALAVRAS-CHAVE: Aspecto; norte; sul; geoprocessamento.

LAND USE ANALYSIS CONSIDERING THE ASPECT IN THE PIRACICABA RIVER BASIN IN MINAS GERAIS

ABSTRACT: Several factors influence the interactions of the environment, anthropogenic or natural. In a watershed context, land use can cause both conservation and environmental degradation, decreasing soil fertility and water availability. Among the various factors, the aim of this work was to evaluate the aspect (slope direction) affects the type of land use, since in the case of mountainous regions, it can affect solar availability. The results indicate that there is a predominance of anthropized areas (pastures, planted forest, agriculture) with land facing north and natural areas (forest formation) facing south. Only pasture, 64% occupies north faces and forest formation, 58% of the south faces. Probably because the study area belongs to an undulating and mountainous region, and close to the tropic of Capricorn, areas with a north face receive more direct solar radiation, making them more productive and thus more anthropogenic.
KEYWORDS: Aspect; north; south; geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Bacias hidrográficas são sistemas ecológicos complexos em função do conjunto de interações antrópicas e naturais que ocorrem em seus limites (VIANA & MORAES, 2016). Estas interações, dependendo do uso da terra, têm impacto no meio ambiente, principalmente em relação a degradação ambiental, diminuindo

a fertilidade do solo e infiltração de agua. Estas interações são potencializadas, além da ação humana, pelo clima, sendo maiores em climas quentes e úmidos.

A radiação solar é a maior fonte de energia para a Terra, sendo também o principal elemento meteorológico, pois é ela que desencadeia todo o processo meteorológico afetando todos os outros elementos (temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc). Trata-se, portanto, de um elemento primordial no entendimento da variação dos demais (PEREIRA et al., 2002). Segundo MACIEL et al. (2002), a luz é fonte essencial e direta de energia para o desenvolvimento de todos os vegetais, desempenhando importante papel no funcionamento, estrutura e sobrevivência de qualquer ecossistema.

DANTAS et al. (2021), analisaram quanto a localização da lavoura de cana-de-açúcar em relação à sua posição no terreno e consequentemente na variação do tempo de exposição do sol. Estes identificaram que o sombreamento altera o ciclo de crescimento e produção de açúcares. Outro fator de impacto é o potencial de incêndios em áreas com faces do terreno com maior incidência solar. Segundo a metodologia de CHUVIECO & CONGALTON (1989), o aspecto é um dos termos da equação na identificação de áreas susceptíveis à incêndios, pois faces com maior incidência solar, ajudam a retirar a umidade da vegetação, principalmente em longas secas.

A bacia do rio Piracicaba possui área de aproximadamente 543 mil hectares, sendo o rio principal desta bacia, o Piracicaba, com uma extensão de aproximadamente 240 km, nascendo na cidade de Ouro Preto-MG e desaguando no rio Doce na cidade de Ipatinga. Conforme MORAES & NASCIMENTO (2020), a bacia possui um terço da área com declividade maior que 30%, ou seja, fortemente ondulado a montanhoso.

Nesse contexto, determinar a influência de fatores em relação ao uso da terra é de extrema importância em bacias hidrográficas, tanto pelo planejamento como avaliação de impactos ambientais. A hipótese do trabalho é que a direção da declividade do terreno (aspecto) afeta o uso da terra. O objetivo do trabalho foi avaliar dentro da bacia do Rio Piracicaba, como o aspecto do terreno influencia no tipo de uso da terra.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu a bacia do Rio Piracicaba, localizada na região leste do estado de Minas Gerais, escolhida por ter um predomínio de pastagens e formações florestais naturais, e relevo ondulado a montanhoso (Figura 1). Esta foi gerada a partir de dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizadas pelo Topodata (BRASIL, 2008) e processadas no software QGIS 3.10 (QGIS, 2020).

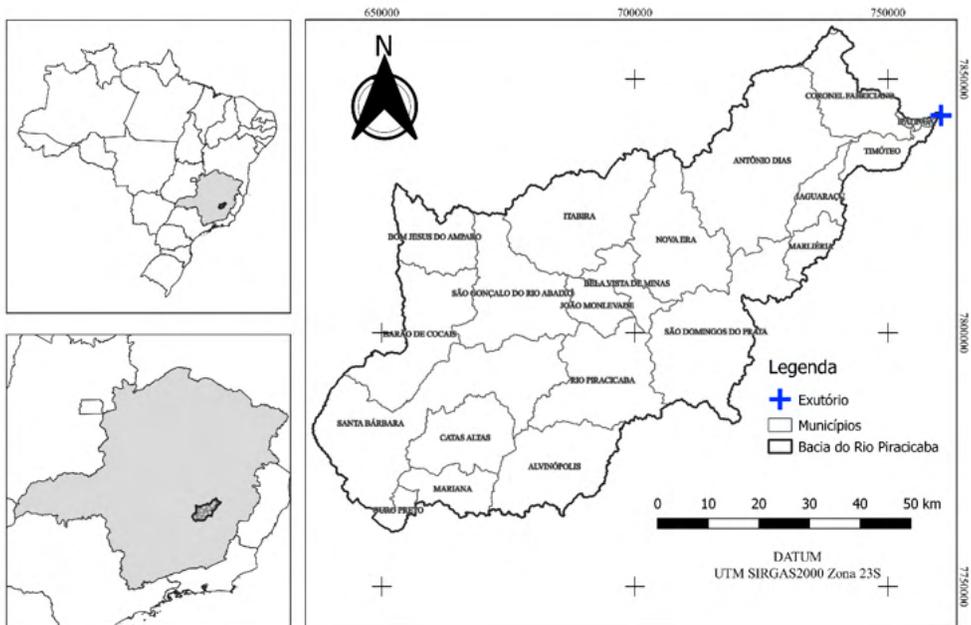



Figura 1. Localização da Bacia do Rio Piracicaba, Minas Gerais.

Os dados de uso da terra foram obtidos a partir de imagens do projeto MAPBIOMAS, que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG (Sistema de Informação Geográfica) e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2019).

A partir dos dados do MDE foi gerada a imagem de aspecto da bacia, ou seja, a direção da inclinação da área do terreno em relação aos pontos cardeais (direção da declividade). Essa imagem apresenta valores dos pixels indicando quantos graus a face do terreno se encontra (azimute), sendo zero grau para norte, e no sentido horário: leste, sul, oeste e novamente à norte em 360°. De posse da imagem de aspecto, esta foi dividida em duas, sendo uma contendo os pixels com faces à norte e outra com pixels voltados à sul. Para as faces norte foi considerado os valores (ângulos) entre 0° a 90° e 270° a 360°; para as faces sul, os valores entre 90° à 270°.

A partir das imagens de aspecto criadas, estas serviram de recorte para a imagem do Mapbiomas, ou seja, o uso da terra foi separado conforme à face que pertencia. Dessa maneira, foi quantificada a área de cada uso da terra em cada um desses intervalos de aspecto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de declividade conforme classificação da EMBRAPA (1979) para o local de estudo, pode ser visualizado na figura 2. Esta considera como plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e forte montanhoso (> 75%). Nota-se uma predominância de relevo fortemente ondulado e montanhoso.

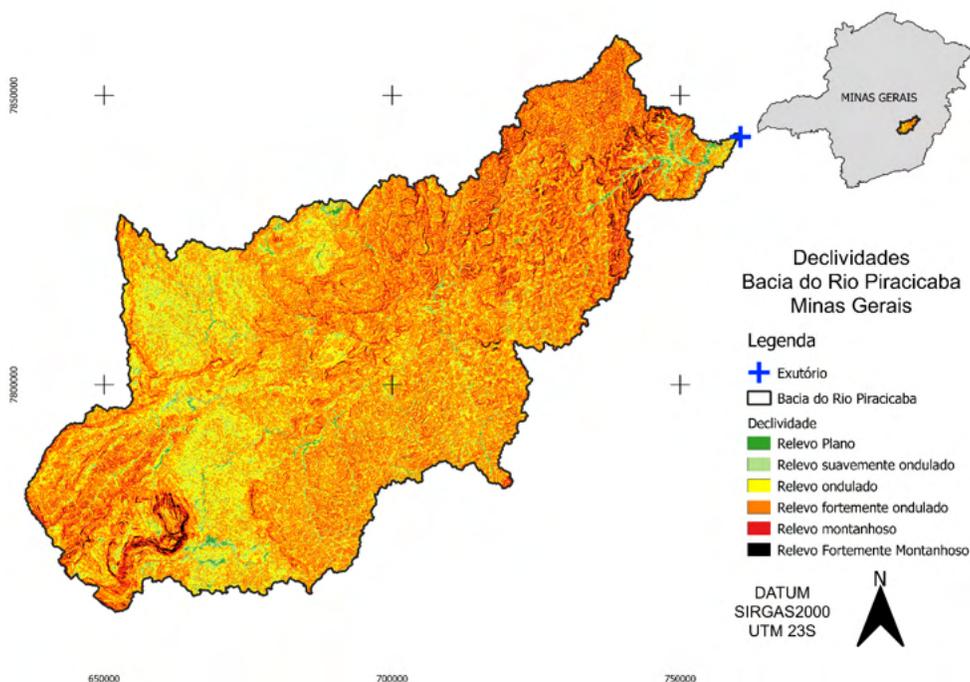



Figura 2. Mapa das declividades na Bacia do Rio Piracicaba, Minas Gerais, conforme classificação da Embrapa (1979).

Na figura 3 é apresentado mapa de Aspecto da bacia do rio Piracicaba, considerando norte os ângulos entre 270° a 360° e 0° a 90° e faces sul, entre 90° e 270°. Nesta divisão, as faces são praticamente equivalentes, ou seja, de igual área, sendo as faces norte ocupando 51,2% e as faces sul 48,8%.

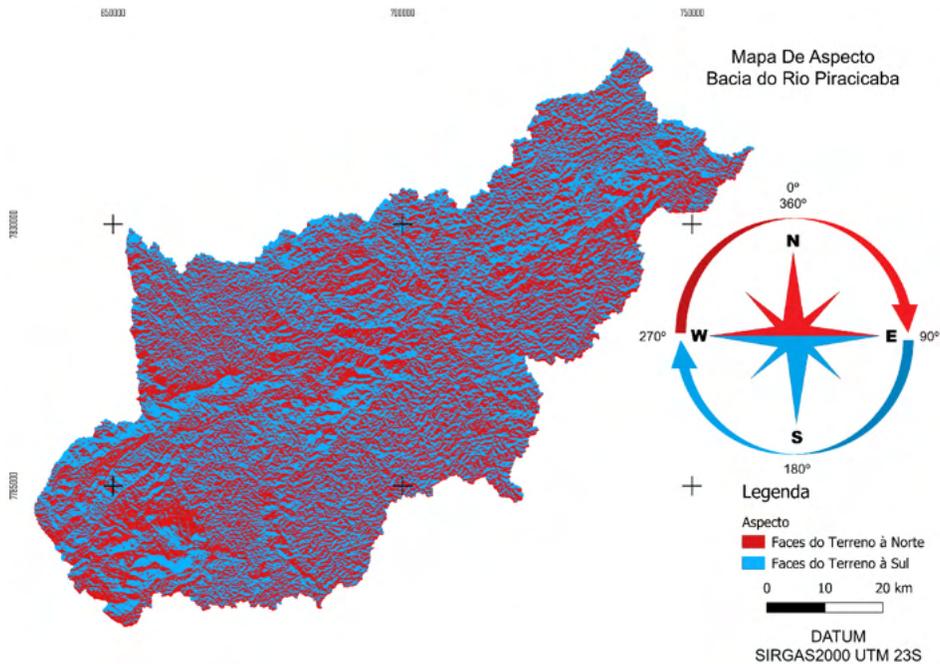



Figura 3. Bacia do Rio Piracicaba, Minas Gerais, gerada a partir dos dados de MDE e áreas divididas pelo aspecto, considerando norte os ângulos entre 270° a 360° e 0° a 90° e faces sul, entre 90° e 270°.

Nas figuras 4 e 5 temos apresentado o recorte do Mapbiomas, na área da bacia, considerando as faces norte e sul respectivamente. Visualmente é possível identificar que há um predomínio nas faces norte (figura 4) de pastagens (cor amarela) e nas faces sul (figura 5), de formação florestal.

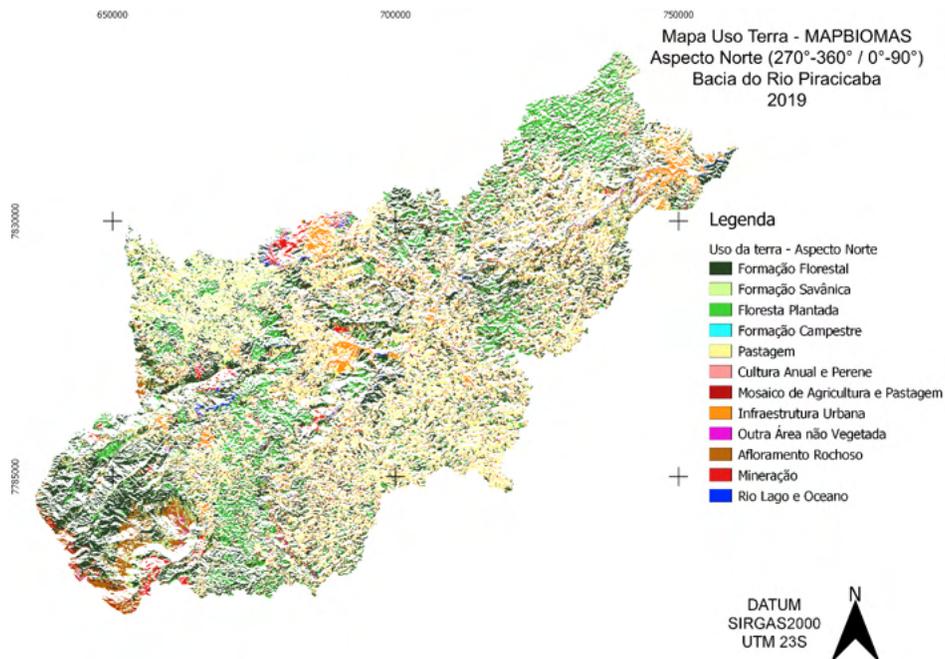



Figura 4. Recorte da imagem do Mapbiomas, na área da bacia para o ano de 2019, considerando apenas os locais com terreno com faces para norte.

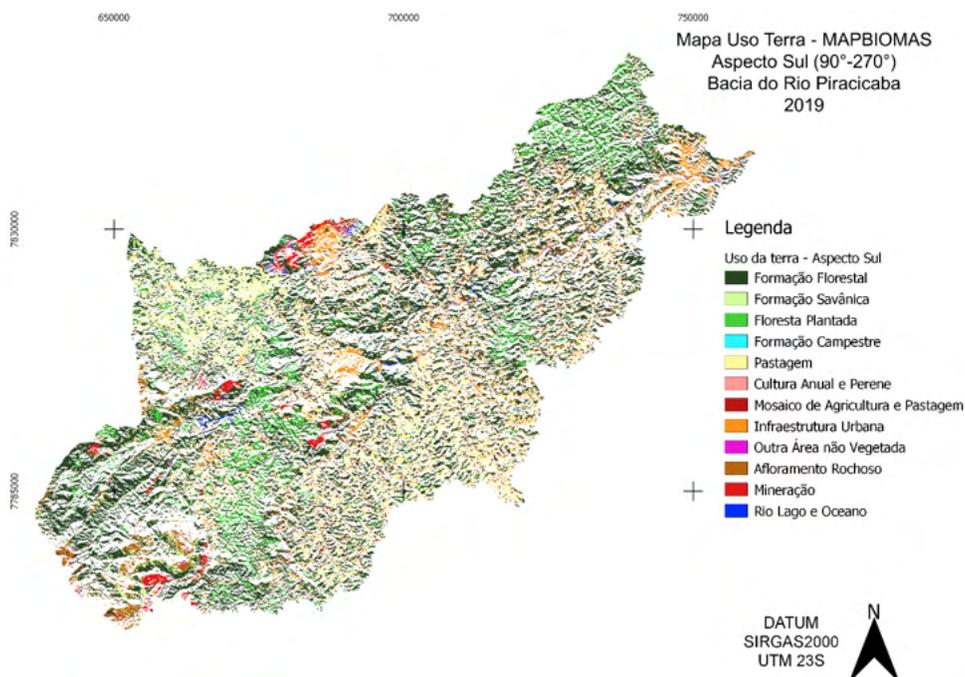



Figura 5. Recorte da imagem do Mapbiomas, na área da bacia para o ano de 2019, considerando apenas os locais com terreno com faces para sul.

As áreas para cada uso da terra, conforme a face do terreno a que pertence, pode ser observada na figura 6. As maiores diferenças estão entre a Pastagem e a Formação Florestal; a pastagem ocupando 64% em faces norte e 36% em faces sul; e formação florestal ocupando 58% em faces sul e 42% em faces nortes.O uso da terra de pastagens ocupa na bacia aproximadamente 24,3% do total e formação florestal 43,6%.

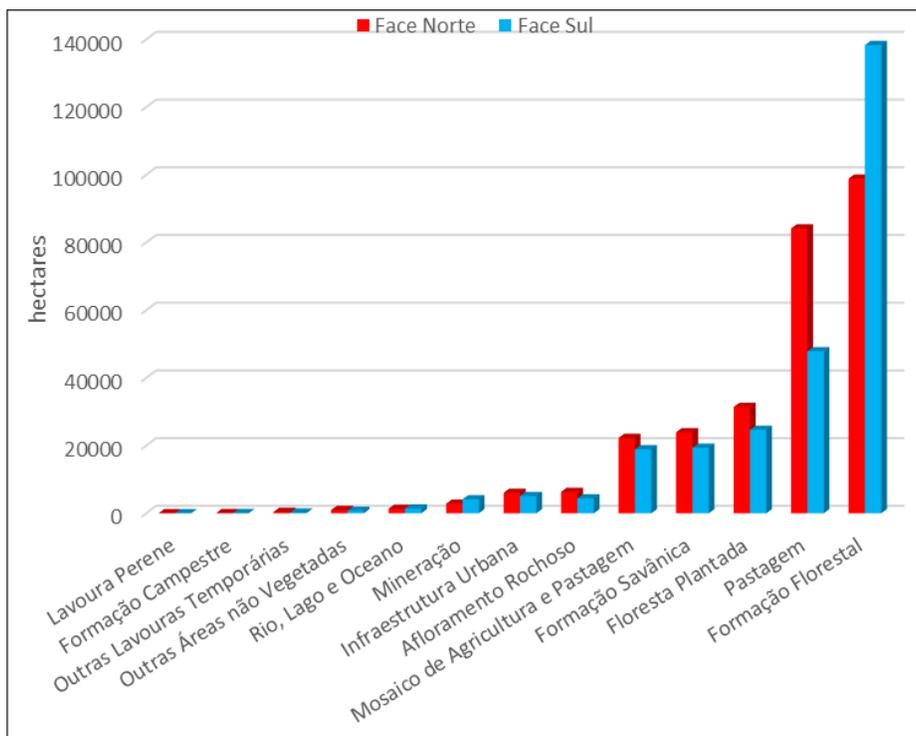



Figura 6. Área em hectares para cada uso da terra, fornecida pelo MapBiomas, inseridos nas faces norte (vermelho) e faces sul (azul).

Ainda na figura 6, os usos de terra floresta plantada, formação savânica, mosaico de agricultura e pastagem também há um predomínio de uso nas faces norte do terreno da bacia, indicando antropização. Considerando que a bacia do rio Piracicaba está localizada próxima do trópico de Capricórnio, o sol se posiciona na maior parte do ano, inclinado ao norte. Esta posição, favorece a radiação solar incidente em faces norte do terreno. Assim, áreas voltadas para o norte, seriam mais produtivas, já que não teriam a sombra das áreas elevadas (projetadas para o sul), principalmente nos horários do dia de maior radiação.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir inicialmente que há um predomínio de áreas antropizada (pastagens,

floresta plantada, agricultura) com faces voltada para norte. Provavelmente pela área de estudo pertencer a uma região montanhosa, e próximo do trópico de capricórnio, áreas com face norte recebem mais radiação solar direta, tornando-se mais produtivas.

Assim, são recomendados mais estudos, com foco específico em áreas montanhosas, e selecionando faces do terreno mais voltadas ao norte (considerando intervalos de azimute menores), de modo a quantificar a importância deste fator no uso da terra e seus determinantes. Os resultados indicam também que o aspecto pode impactar negativamente no meio ambiente, já que sem o bioma original, a degradação ambiental é potencializada. A análise do aspecto em planejamento ambiental e agrícola deve ser considerada, em projetos do uso da terra.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. **Remote Sensing and Environment**, 29:147-159. 1989.

DANTAS, L.L.B.; DOURADO, M.M.; LIMA, N.O.; CAVAÇANA, N.; NISHIYAMA-Jr, M.Y.; SOUZA, G.M.; CARNEIRO, M.S.; CALDANA, C.; HOTTA, C.T. Field microenvironments regulate crop diel transcript and 2 metabolite rhythms. *Pre-print* em https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.04.08.439063v1.full.pdf (abril 2021).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. Súmula...Rio de Janeiro, 1979. 83p

MACIEL, M.N.M.; WATZLAWICK, L.F.; SCHOENINGER, E.R.; YAMAJI, F.M. Efeito da radiação solar na dinâmica de uma floresta. Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol. 4, no 1, Jan/Jun 2002.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – Coleção 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas_collection>. Acesso em 01 junho 2019.

MORAES, R.A.; NASCIMENTO, A.T.A. Análise temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba em Minas Gerais. Geoambiente On-line, n. 38, p. 19-37, 2020.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Porto Alegre: Guaíba Agropecuária, 2002, 478p.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2020. Disponível em: http://qgis.osgeo.org.

VIANA, W.R.C.C.; MORAES, M.E.B. Bacia do Rio Almada (Bahia): criação de cenários ambientais a partir do diagnóstico da fragmentação florestal. in: MORAES, M. E. B.; LORANDI, R. (org.)..Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas [livro eletrônico], capítulo 2 - Ilhéus, BA: Editus, 2016. 306p.

CAPÍTULO 18

A AGRICULTURA E O CONSUMO DE ÁGUA

Data de aceite: 01/12/2021

Dienifer Calegari Leopoldino Guimarães
Engenheira Civil, Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, UFES

Selma Clara de Lima
Engenheira Produção FAESA e Civil MULTIVIX

RESUMO: Este estudo tem como objetivo apresentar o impacto do agronegócio brasileiro sobre o consumo de água, como fonte essencial para a produtividade e economia. A pesquisa realizou uma revisão bibliográfica, como base em fontes relevantes em revistas científicas e relatórios digitais de organizações mundias que incentivam pesquisas e diagnósticos relativos ao tema de agricultura e água. O resultado apontou que a agricultura é dependente da disponibilidade de água, em que a irrigação é o fator principal do alto consumo e alta produtividade. No entanto, concluiu-se que essa atividade econômica ainda carece de avanços em tecnologia, legislação e conscientização.
PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, água, agronegócio e consumo.

ABSTRACT: This study has the purpose to present the impact of agriculture on the consumption of water as an essential source to the productivity of agrobusiness. The research was made of a bibliographic research, using as reference relevant sources as scientific magazines and digital reports of global organizations that support researches and diagnostics about the themes of agriculture and water. The results show that agriculture is dependent on the availability of water, in which irrigation is the main factor of high consumption and productivity. However, in conclusion, this economic activity still lacks advances in technology, legislation and environmental awareness.
KEYWORDS: Hydric resources, water, agrobusiness, consumption.

INTRODUÇÃO

O consumo de água doce aumentou no último século e continua a avançar a uma taxa de 1% ao ano, fruto do crescimento populacional, do desenvolvimento econômico e das alterações nos padrões de consumo. Muitas regiões enfrentam a chamada escassez econômica da água: ela está fisicamente disponível, mas não há a infraestrutura necessária para o acesso. E isso em um horizonte cuja previsão de crescimento no consumo é de quase 25% até 2030.

Os dados apresentados no relatório sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos apontam que o mundo deve enfrentar um déficit hídrico de 40% até 2030, e que medidas e soluções concretas devem ser guiadas por ações conjuntas e integradas entre governos, iniciativa privada, sociedade e ONGs, sobretudo com caráter preventivo e corretivo, que permitam a troca de conhecimentos e expertise no campo da gestão com propósito de garantir, preservar e

combater o desperdício quanto à utilização da água (ECODEBATE, 2021).

As cadeias produtivas da agricultura e das agroindústrias cada vez mais impactam nos recursos naturais em nosso país. A produção agrícola demanda grande quantidade de água, sendo a eficiência desta utilização relevante para a produtividade. A tecnologia e a gestão de recursos hídricos podem contribuir para evitar desperdícios e a utilização inadequada deste bem fundamental, pois a água tem se tornado objeto de atenção por conta de diferentes impactos e disputas (muitas vezes não explícitas) relacionadas com a mercantilização das águas doces, que envolve a manutenção dos ecosistemas, a agricultura de alimentos e de exportação, o setor urbano e industrial e a necessidade de garantir a segurança hídrica da população (EMBRAPA,2018).

De acordo com o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA, 2017), quando se analisa o aumento no volume das exportações brasileiras de arroz, soja, carne e açúcar e, consequentemente, constata-se o aumento do volume de água embutido nessa produção, conclui-se que é necessário pensar sobre os possíveis impactos ambientais que a exportação de produtos primários e semimanufaturados pode estar tendo sobre os recursos hídricos. Ao considerar a água como commodity (desde 1992), isto é, uma mercadoria, começou a surgir alertas para a possível valoração nesse recurso natural renovável. Nessa linha, foi criado o conceito de embeded water (água embutida) ao se referir à quantidade de água necessária para a produção de uma commodity, e substituído pelo termo água virtual, imediatamente aceito e adotado por especialistas.

O fluxo mundial de água virtual divide o globo em países exportadores e importadores. Alguns países e regiões assumem uma função central nessa balança e se destacam por sua posição de exportadores. São eles: Brasil, América do Norte, América Central e também o Sudoeste Asiático. A Índia é considerada o quinto maior exportador de água virtual do mundo, grande parte em função da exportação expressiva de produtos vegetais.

A necessidade de uma mudança de comportamento quanto ao uso dos recursos hídricos é urgente. Moraes e Jordão (2002) já afirmavam que à medida que as populações e as atividades econômicas crescem a demanda pela água, também, aumenta.

Material e Métodos

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema nas revistas científicas disponíveis on-line, livros digitais, relatórios on-line das organizações mundiais reconhecidas, reunindo e comparando os diferentes dados encontrados nas fontes de consulta e listando os principais fatores que agricultura impacta no consumo de água, assim como a relação com a economia e propostas de soluções sustentáveis na conservação da água por meio de uma agricultura consciente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a CONSEA (2021) o setor agrícola, incluindo irrigação, pecuária e aquicultura são a principal consumidora de água. Corresponde a 69% da retirada anual de água em todo o mundo. Já a indústria, incluindo a geração de energia, responde por 19%, e as residências por 12% (Gráfico 1). A urbanização acelerada e a expansão dos sistemas municipais de abastecimento de água e saneamento também contribuem para a crescente demanda.

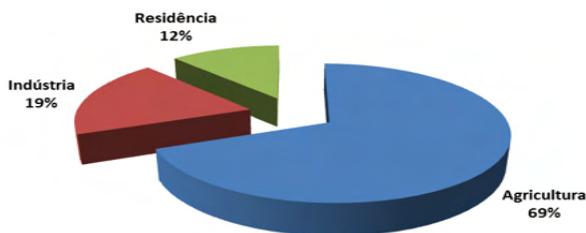



Gráfico 1 – Principais consumidores de água, próprio autor.

De acordo com a United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) se a degradação do meio ambiente natural e a pressão insustentável sobre os recursos hídricos mundiais continuarem a ocorrer nas taxas atuais, 45% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial e 40% da produção mundial de grãos estará em risco até 2050 (CONNOR & PAQUIN 2016).

A modernização da agricultura utiliza na captação de recursos hídricos, elementos centrais para a expansão sustentável da lavoura e com isso o aumento de produtividade. Mas ainda grande parte da água utilizada pela agricultura é perdida, seja no transporte ou no excesso que retorna ao ambiente por meio do escoamento dos campos e que também pode afetar a fertilidade do solo. No entanto, são oportunidades a serem exploradas e resolvidas com o emprego de novas tecnologias e estratégias adequadas de irrigação.

No Brasil, a irrigação teve início do século XX para a produção de arroz no Rio Grande do Sul. A intensificação da atividade em outras regiões do país ocorreu a partir das décadas de 1970 e 1980. A expansão da agricultura no país só foi possível graças ao emprego da irrigação, principalmente naquelas regiões afetadas pela escassez contínua do recurso hídrico, como no semiárido brasileiro, que necessita de irrigação constante. No entanto, em regiões afetadas pela falta de água em períodos específicos do ano, como na região central do País, foram necessárias práticas de irrigação suplementares nos meses de seca (CROPLIFE, 2020).

Sistemas modernos de irrigação estão em cerca de 20% de toda área cultivada no mundo. Reflexo do baixo acesso às inovações tecnológicas nos países mais pobres. No

entanto, mesmo em tão baixa quantidade, a produção agrícola em sistema irrigado contribui com 40% do total de alimentos produzidos em todo o mundo. Isso porque, a produtividade em sistema irrigado é pelo menos 2,3 vezes maior do que a das áreas de sistema não irrigado. Caso não houvesse o sistema irrigado, seria necessário aumentar em pelo menos 20% a área plantada para produzir a mesma quantidade de alimentos que é produzida hoje. Com isso, fica evidente a importância ambiental desse sistema de produção.

A Food and Agriculture Organization (FAO) estima que as terras irrigadas nos países em desenvolvimento aumentem em 34% até 2030. Mesmo com a implementação dessa tecnologia e com melhoria das práticas e gestão da irrigação, o consumo de água terá um aumento de apenas 14% (EMBRAPA, 2018).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), no Brasil, a irrigação é responsável pelo maior consumo de água, onde são irrigáveis aproximadamente 29,6 milhões de hectares de terras. Estima-se que seja necessário aproximadamente 1000 a 3000 m³ de água para cada tonelada de grãos colhidos, ou ainda, são necessários 1.285 litros de água para se produzir um quilo de soja. Vale destacar que as culturas que mais utilizam irrigação são a cana-de-açúcar, arroz, soja, milho, feijão, laranja, café, cebola, melancia, algodão e trigo. Além também da exorbitante quantidade de água utilizada para a produção de carnes.

Ainda de acordo com a ANA, o Brasil exporta cerca de 112 trilhões de litros de água potável por ano atráves da carne bovina, soja, açúcar, café e outros produtos agrícolas que têm como principal destino os países desenvolvidos. A água que é exportada juntamente com os produtos dá-se o nome de “água virtual”. Sendo a água virtual a quantidade de água que se empregou para a produção de um produto em um determinado local, porém, destinado para outra localidade, em que se cria um fluxo virtual entre os países.

No relatório da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2020), informa que o agronegócio tem sido reconhecido pela contribuição no crescimento econômico brasileiro. Em 2019, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R$ 1,55 trilhão ou 21,4% do PIB brasileiro, e internacionalmente representa 43% das exportações. E isso resultou na expansão recorde de 24,31% no Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio.

Uma alternativa para diminuir o consumo de água e o desperdício na agricultura seria a utilização da irrigação por gotejamento. Esse método utiliza uma quantidade mínima de água que é despejada sobre o solo em forma de gotas de maneira mais regrada e econômica. Utilizando essa forma de irrigação, seria possível economizar até 50% da água que hoje é utilizada. Outro método também econômico é a micro aspersão, onde são utilizados pequenos aspersores responsáveis pela distribuição da água, porém, esse método é menos eficiente na economia de água que o gotejamento. Entretanto, esses métodos são inviáveis de serem utilizados em grandes extensões de terra, que podem economizar água optando pela aquisição de equipamentos que controlem os níveis das

irrigações conforme as necessidades dos solos e das plantações de acordo com as condições climáticas, podendo utilizar geotecnologia, como drone para realizarem as leituras das condições da plantação (CNA, 2020).

O menor consumo de água, também pode ser obtido pelo melhoramento genético. Apesar dos mecanismos de tolerância à seca, em plantas, serem de difícil manipulação e fazerem parte de diferentes processos fisiológicos, pesquisadores da Universidade Federal do Alagoas (UFAL) desenvolveram uma variedade de cana-de-açúcar tolerante à seca que é recomendada para o plantio em extensas partes da região nordeste do Brasil (SANTOS, 2017).

Além disso, a identificação de genes que possam ser utilizados para melhorar a eficiência da fotossíntese também é uma estratégia interessante para o desenvolvimento de plantas tolerantes a seca. Plantas de alta eficiência fotossintética produzem mais sem a necessidade de aumento de área plantada (CROPLIFE, 2020).

Com o propósito de recomendar ações e soluções para reduzir o desperdício de água na agricultura e sustentar o crescimento econômico, estudos e pesquisas propõem:

- Conhecer boas práticas para redução do uso da água na agricultura para estabelecer novas estratégias com visão em ações sustentáveis.
- Incentivos técnicos e financeiros do Governo ou iniciativa privada para a conservação de áreas estratégica e meio ambiente. Por exemplo, o Programa Produtor de Água da ANA.
- Auxílio financeiro aos pequenos agricultores em época de estiagem ou crise hídrica por escassez, quando suspendem a irrigação, semelhante à Bolsa do Pescador.
- Investimento em tecnologia e internet das coisas (IoT, em inglês) para gerir o uso da água.
- Educação ambiental, conscientização ao problema ambiental e incorporação das dimensões sociais, políticas, econômicas, culturais, ecológicas e éticas aos pequenos e grandes agricultores, de modo a construírem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade, como dispõe a Lei 9.795/99 sobre a Política Nacional de Educação Ambiental.

Os sistemas de irrigação, quando bem empregados, resultam em benefícios ao meio ambiente, produtores e consumidores. Isso porque essa tecnologia aumenta a produtividade, reduz custos unitários e aperfeiçoa o uso de insumos e equipamentos.

Além do emprego de novas tecnologias, é importante que haja conscientização no cultivo. Onde as culturas sejam adequadas ao local e capazes de obter o máximo de benefício da água disponível na região.

Conhecer e entender as legislações ambientais que dispõe de diretrizes para

proteção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no Brasil. Por exemplo, a Lei 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e elaborou o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Contudo, essas propostas apontam benefícios em produzir mais alimentos e com mais qualidade, levando em conta os custos. Considera-se relevante e propício a abordagem de temas importantes, como a discussão para construção e aprovação de barragens, cujo consenso é distante entre o agronegócio e ambientalistas.

O uso consciente da água e a relação sobre o agronegócio devem ser tratados pelas empresas como fundamental para a sobrevivência dos negócios, também, como diferencial que pode garantir competitividade e visibilidade. A solução para a problemática da água não está necessária e exclusivamente nas campanhas públicas do Governo nem na criação de legislação rígida e fiscalização punitiva. O caminho para promoção da economia e gestão dos recursos hídricos pode estar no binômio ciência e educação (DIAS, 1994).

CONCLUSÃO

Dentro da produção agrícola, o uso da água sempre foi uma questão de grande importância no cultivo de qualquer planta. Por isso, a necessidade de cada vez mais investir em tecnologias, geotecnologia, biotecnologia e infraestruturas hídricas capazes de atender à demanda da lavoura sem que haja desperdício desse recurso se soma a outros esforços, podendo colaborar de forma significativa para a economia de água na agricultura e também a enfrentar os desafios que a escazzes e o desperdicio, poderão impactar no agronegócio.

Vale lembrar que todo sistema de irrigação, deve ser autorizado pelo governo e deve estar de acordo com o uso racional da água, exigências legais e instrumentos de gestão. Deve priorizar a sustentabilidade da atividade, o aumento da eficiência e a consequente redução do desperdício.

É importante a discussão sobre como conjugar o papel de recurso indispensável à produção (água) com as questões de escassez e preservação para continuidade dessa mesma produção, ameaçada pelo uso excessivo e não manutenção dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ANA. Conjuntura recursos hídricos Brasil 2019. Disponível em:< http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/capitulo3.pdf. >. Acesso em: 10 de abril de 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 – Lei das Águas. Brasília, DF: Presidência da República - Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1997. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em: 11 de abril de 2021.

CNA. Panorama do Agro. Disponível em:<https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 17 de abril de 2021.

CONNOR, Richard; PAQUIN, Marc. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. 2016.Elaborado por WWAP - World Water Assessment Programme. Disponível em:<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2021.

CONSEA. Água e agronegócio: uma relação a ser mais bem examinada. http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/noticias/2017/julho/201csistemas-de-alta-produtividade-impactam-a-seguranca-hidrica-do-pais201d-diz. >. Acesso em: 20 de abril de 2021.

CROPLIFE, A produção agrícola e a conservação da água. Disponível em:<http://maissoja.com.br/a-producao-agricola-e-a-conservacao-da-água>. Acesso em: 15 de abril de 2021.

DIAS, Genebaldo Freire. Educação Ambiental: Princípios e Práticas. 3ª ed. São Paulo; Gaia, 1994.

ECODEBATE, Relatório da ONU sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos-2021. Disponível em:<https://www.ecodebate.com.br/2021/03/24/relatorio-da-onu-sobre-o-desenvolvimento-dos-recursos-hidricos-2021.>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

EMBRAPA, Visão 2030 O futuro da Agricultura Brasileira. Disponível em:<http://www.embrapa.br/documents/10180/futurodaagriculturabrasileira>. Acesso em: 16 de abril de 2021.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. Rev. Saúde Pública 2002; 36(3): 370-4

SANTOS, Jônatas vieira. Tolerância ao Déficit Hídrico de Curta Duração em Genótipos de Cana-de-Açúcar e Cana-Energia. Disponível em:<http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3372/ Tolerância ao Déficit Hídrico de Curta Duração em Genótipos de Cana-de-Açúcar e Cana-Energia.pdf >. Acesso em: 16 de abril de 2021.

CAPÍTULO 19

DESENVOLVIMENTO DE EMISSOR DO TIPO MICROTUBO COM MÚLTIPLAS SAÍDAS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Dinara Grasiela Alves
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/2325866065029383

Marinaldo Ferreira Pinto
Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/7686288360297015

Ana Paula Alves Barreto Damasceno
Campus Rondonópolis, Universidade Federal de Mato Grosso
Rondonópolis, MT
http://lattes.cnpq.br/8728193239693213

Tarlei Arriel Botrel
Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo
Piracicaba – SP
http://lattes.cnpq.br/4990872904129598

RESUMO: Para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável no Brasil é imprescindível realizar investimentos nos setores que desenvolvem tecnologias inovadoras de baixo custo e adaptadas às condições peculiares do país, em substituição a dependência por produtos importados de alto custo e inacessíveis a maioria dos pequenos produtores. Nesse sentido, os emissores do tipo microtubo utilizados em sistemas de microirrigação se apresentam como uma alternativa tecnológica atrativa a essa parcela de produtores, devido ao baixo custo de confecção e instalação. O emissor proposto é caracterizado por possuir menor custo em comparação com os sistemas atuais, que utilizam microtubos, tendo em vista a menor quantidade de material necessário à sua implantação. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um emissor do tipo microtubo com múltiplas saídas. A condução desta pesquisa consistiu na determinação do diâmetro interno dos microtubos, da determinação da curva vazão versus pressão dos microtubos com múltiplas saídas e na determinação do coeficiente de variação de fabricação, os quais foram realizados no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, em Piracicaba - SP. A configuração do emissor proposto consiste em um microtubo regulador de pressão ligado a um conector com disposição radial de onde derivam seis microtubos emissores. O emissor avaliado apresentou um coeficiente de variação de fabricação próximo a 3%, valor considerado excelente. Pequenas diferenças entre dois emissores aparentemente idênticos podem ocasionar modificações significativas na vazão do sistema. Logo, a qualidade do emissor é uma informação muito importante, tendo em vista que, o alto coeficiente de variação de fabricação pode causar baixa uniformidade de vazão no sistema. A equação representativa da

curva vazão-pressão dos microtubo com múltiplas saídas apresentou elevado coeficiente de determinação, demonstrando um bom ajuste dos dados observados.
PALAVRAS-CHAVE: Microirrigação; inovação tecnológica; emissor.

DEVELOPMENT OF MICROTUBE TYPE ISSUERS WITH MULTIPLE OUTLETS

ABSTRACT: For the development of sustainable agriculture in Brazil, it is essential to invest in sectors that develop innovative low-cost technologies that are adapted to the country's peculiar conditions, replacing dependence on high-cost imported products that are inaccessible to most small producers. In this way, the microtube-type emitters used in microirrigation systems present themselves as an attractive technological alternative to this portion of producers, due to the low cost of manufacture and installation. The proposed emitter is characterized by its lower cost compared to current systems, which use microtubes, in view of the smaller amount of material needed for its implementation. The objective of this paper was to develop a microtube-type emitter with multiple outputs. The conduct of this research consisted of determining the inner diameter of the microtubes, determining the flow versus pressure curve of microtubes with multiple outlets and determining the manufacturing coefficient of variation, which were carried out in the Hydraulics Laboratory of the Department of Biosystems Engineering at School of Agriculture "Luiz de Queiroz"/USP, in Piracicaba - SP. The configuration of the proposed emitter consists of a pressure regulating microtube connected to a connector with a radial arrangement from which six emitter microtubes derive. The evaluated emitter presented a manufacturing variation coefficient close to 3%, a value considered excellent. Small differences between two apparently identical emitters can cause significant changes in system throughput. Therefore, the emitter quality is a important information, considering that the high manufacturing variation coefficient can cause low flow uniformity in the system. The representative equation to the flow-pressure curve of microtubes with multiple outlets presented a high coefficient of determination, demonstrating a good adjustment of the observed data.
KEYWORDS: Microirrigation; technology innovation; emitter.

1 | INTRODUÇÃO

A irrigação se caracteriza como uma tecnologia que está frequentemente apresentando inovações, capazes de assegurar elevados níveis de desempenho dos sistemas, nas mais adversas e diversas condições. Isso é proveniente das pesquisas, as quais promovem o desenvolvimento da ciência de irrigação, numa procura constante do melhor resultado aliado ao menor custo.

A utilização de sistemas de microirrigação com microtubos destaca-se como uma boa alternativa para pequenos agricultores. O microtubo, também chamado de espaguete, é um gotejador de longo percurso e de baixo custo, feito de polietileno de pequeno diâmetro (0,5 a 1,5 mm), cujo comprimento pode ser ajustado de acordo com a pressão no ponto de inserção do microtubo na linha lateral. Com isso, o interesse por microtubos vem aumentando, principalmente por entidades que prestam assistência técnica a pequenos

produtores e comunidades carentes.

A maioria desses agricultores trabalham com agricultura familiar, a qual é responsável por garantir boa parte do suprimento de alimentos, caracterizando-se como importante fornecedora de alimentos para o mercado interno brasileiro (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2006). Em geral, esses agricultores são de baixa renda, e por consequência, apresentam baixa capacidade de adoção de tecnologias em irrigação.

O grupo de pesquisa em hidráulica da ESALQ/USP vem estudando de forma mais sistemática o uso dessa tecnologia. Inicialmente, Souza e Botrel (2004) desenvolveram softwares de dimensionamento hidráulico e avaliaram o desempenho da tecnologia na irrigação por gotejamento de hortaliças e fruticultura em condições de regime laminar. Em seguida, Souza (2008) avaliou seu uso em condições de regime turbulento. E com caráter mais inovador, Almeida (2008) e Almeida, Botrel e Smith (2009) utilizaram o microtubo como mecanismo de regulação de pressão em sistemas de microaspersão.

Diversos modelos matemáticos foram desenvolvidos para o dimensionamento de sistemas de irrigação que utilizam microtubos. Recentemente, por ser uma configuração inovadora, foi desenvolvido um novo modelo para o caso de microtubo conectado a seis microtubos emissores (microtubos ramificados). Esse sistema é caracterizado por possuir menor custo em comparação com os sistemas atuais, que utilizam microtubos, tendo em vista a menor quantidade de material necessário à sua implantação (Alves et al., 2012). Todavia, esse sistema apresentou problemas de obstrução e aprisionamento de ar. Neste sentido, foi realizado um aprimoramento dessa configuração inovadora de modo a eliminar os problemas observados. Portanto, o emissor aprimorado denominado "microtubo com múltiplas saídas" é um tipo de gotejador inexistente no mercado e em trabalhos acadêmicos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um emissor do tipo microtubo espaguete com múltiplas saídas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Localização e etapas da pesquisa

A condução dessa pesquisa consistiu no aprimoramento do emissor com múltiplas saídas desenvolvido por Alves (2010); na determinação do diâmetro interno dos microtubos; determinação da curva vazão versus pressão; e, na determinação do coeficiente de variação de fabricação, que foram realizados no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP, situada no município de Piracicaba – SP. Ressalta-se que, em todos os ensaios a temperatura da água foi mensurada a fim de obter o valor da viscosidade cinemática e o valor de sua massa específica

Descrição do microtubo com múltiplas saídas (MMS)

Com base no emissor desenvolvido por Alves (2010), denominado de “microtubo ramificado”, realizou-se um aprimoramento desse emissor, uma vez que foi observado problemas de obstrução e acúmulo de ar relatado pelo autor. O emissor proposto nesta pesquisa, tem distribuição radial de água, de forma a reduzir os problemas constatados por Alves (2010).

O emissor proposto consiste de um microtubo regulador de pressão (MRP), seis microtubos emissores (ME) que estão acoplados ao MRP por meio de um conector (Figura 1). Esse conector pode ser visualizado em maiores detalhes na Figura 2. Ressalta-se que, o MRP foi denominado desta forma pelo fato de seu comprimento poder ser ajustado de acordo com a pressão no ponto de inserção do MRP na linha lateral de forma a manter constante a pressão na parte central do conector.

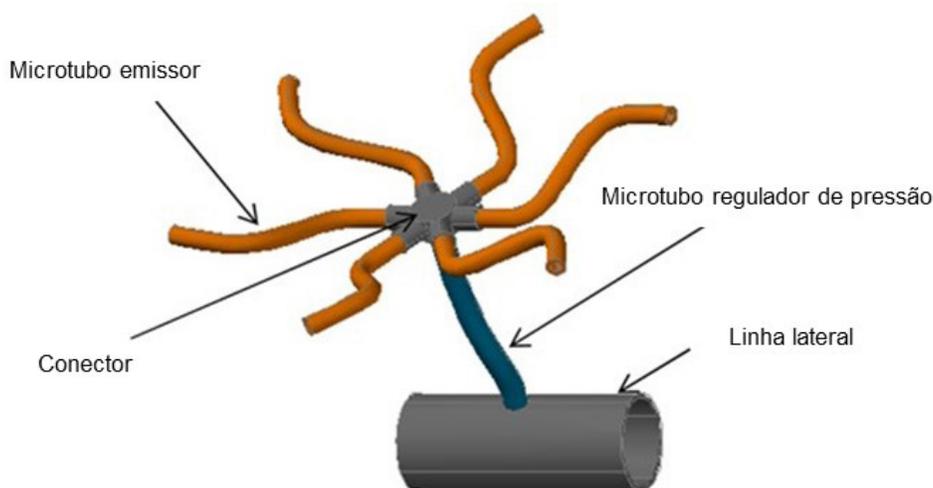



Figura 1 - Esquema do microtubo com múltiplas saídas

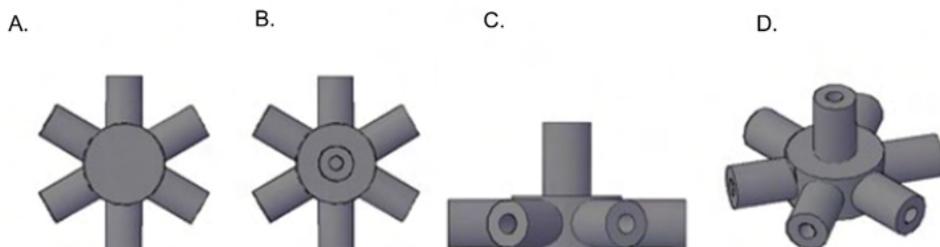



Figura 2 - Conector: A - vista inferior; B - vista superior; C - vista lateral; D - vista em perspectiva

Determinação do diâmetro interno dos microtubos

Antes de serem realizados os testes com o sistema de irrigação proposto, necessitou-se determinar o diâmetro real dos microtubos, pois, qualquer variação no diâmetro poderia ocasionar grande alteração no valor da vazão prevista no projeto.

Foram avaliados microtubos com diâmetro nominal de 0,8 e 1,0 mm, fabricados pela empresa Plasnova Louveira Ind. Com. Ltda, cujo diâmetro externo de ambos é de 2,5 mm. A determinação do diâmetro interno do microtubo foi realizada por meio de medidas hidrodinâmicas em laboratório, sob regime laminar, conforme metodologia proposta por Almeida e Botrel (2010).

Para isso, foram utilizados microtubos com comprimento de 5 m, submetidos a uma pressão constante de 12,4 kPa. Considerou-se um comprimento de microtubo buscando reduzir os efeitos da perda localizada de carga (existente na entrada do microtubo), minimizando a importância da mesma na determinação do diâmetro. A pressão de operação foi estimada com base na distância entre o nível da água do reservatório superior e o final do microtubo. Foram utilizados dois reservatórios em que por meio da força da gravidade, a água presente no reservatório superior foi conduzida pelo microtubo para o reservatório inferior de massa conhecida, destinado à coleta de água durante um determinado intervalo de tempo, e pesado posteriormente em uma balança analítica de resolução de 0,01g. A vazão foi determinada pela razão entre o volume e o tempo em que a água foi coletada. Para cada microtubo foram realizadas três repetições. A necessidade de saber a temperatura da água se deve ao fato do escoamento sob regime laminar ser bastante sensível à variação da viscosidade da água, a qual é influenciada pela variação da temperatura, além disso, o peso específico da água é também função da temperatura.

Os diâmetros internos dos microtubos foram calculados por meio de dados obtidos nos ensaios, aplicados na eq. (1) proposta por Almeida e Botrel (2010).

$$D = \left(\frac{0{,}08262647Q^2 + 4{,}153269\mu LQ}{Z}\right)^{0{,}25} \quad (1)$$

em que:

D - diâmetro interno do microtubo, m;

μ- viscosidade cinemática da água, $m^2\ s^{-1}$;

L - comprimento do microtubo, m;

Q - vazão no microtubo, $m^3\ s^{-1}$; e

Z - carga de posição, m.

Dimensionamento do microtubo espaguete com múltiplas saídas

O cálculo do comprimento dos MRP e ME, foi realizado com base em uma planilha eletrônica, cujas variáveis independentes foram: pressão, diâmetro e vazão. Utilizou-se o modelo desenvolvido por Alves et al. (2012) para o dimensionamento dos microtubos.

Inicialmente admitiu-se os seguintes valores no projeto: vazão de 1 L h^{-1} para o ME e de 6 L h^{-1} para MRP, viscosidade de 1,01x10^{-6} m^2 s^{-1} para uma temperatura de 23 °C, pressão de alimentação de 49,05 kPa e pressão na parte central do conector de 10,79 kPa.

O fator de atrito (f) e o número de Reynolds (Re) foram calculados por meio das equações. 2 e 3, respectivamente. Ressalta-se que a utilização da eq. 2 deve-se ao fato do regime de escoamento ser laminar (Re ≤ 2300).

$$f = \frac{64}{Re} \qquad (2)$$

em que:

Re - número de Reynolds, adimensional calculada pela eq. (3).

$$Re = \frac{VD}{\mu} \qquad (3)$$

em que:

D - diâmetro interno do microtubo, m;

V - velocidade da água no microtubo, m s^{-1}; e

µ - viscosidade cinemática da água, m^2 s^{-1}

No cálculo da perda de carga no microtubo regulador de pressão e no microtubo emissor, foi utilizada a equação de Bernoulli apresentada na eq. (4).

$$hf = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 \qquad (4)$$

em que:

hf - perda contínua de carga no microtubo, m;

$\frac{P}{\gamma}$ - carga de pressão, m;

$\frac{v^2}{2g}$ - carga cinética, m; e

Z - carga de posição, m.

Foram calculados os comprimentos (L) do microtubo regulador de pressão e do microtubo emissor dividindo-se a perda de carga (hf) pela perda de carga unitária (J) eq. (5) do microtubo. Isto pode ser observado na eq. (6). Esse cálculo foi realizado desprezando-se a perda localizada de carga que pode existir na conexão do microtubo regulador de pressão com a linha lateral e o conector.

$$J = f\frac{V^2}{2gD} \qquad (5)$$

$$L = \frac{hf}{J} \qquad (6)$$

Os resultados dos cálculos do comprimento do microtubo emissor e do microtubo regulador de pressão podem ser visualizados na Tabela 1. Esses dados são a base dos

ensaios realizados em laboratório, visando obter a relação entre pressão e vazão, e a verificação da aderência do modelo de dimensionamento.

Microtubo	Vazão* (L h-1)	D (mm)	Re	f	J (m m-1)	P* (kPa)	hf (kPa)	L (m)
Emissor	1,0	0,888	395	0,162	1,87	10,79**	10,69	0,584
Regulador de pressão	6,0	1,074	1960	0,033	5,26	49,05***	38,26	0,742

D: diâmetro interno; Re: número de Reynolds; f: fator de atrito; J; perda de carga unitária; hf: perda de carga; L: comprimento do microtubo

* Valores predefinidos

** Pressão na parte central do conector

*** Pressão na entrada do microtubo regulador de pressão

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para determinação do comprimento do microtubo emissor e do microtubo regulador de pressão

Coeficiente de variação de fabricação

propôs um coeficiente de variação de fabricação (CVf), dado pela eq. (7).

$$CVf = \frac{\sigma}{\bar{q}} \quad (7)$$

em que:

CVf - coeficiente de variação de fabricação, adimensional;

σ - desvio padrão das vazões dos emissores, sob mesma carga de pressão; L h^{-1} e,

$\bar{q}$- média das vazões, L h^{-1}.

Foram ensaiados 30 microtubos com múltiplas saídas submetidos a pressão constante de 49,05 kPa e tempo de coleta de 5 min, sendo efetuadas 3 repetições. O CVf foi determinado aplicando-se a eq. 7. Os recipientes para coleta de água foram pesados antes e depois de cada coleta em balança de precisão de 0,01 g, sendo a massa transformada em volume ao dividi-la pela massa específica da água. As vazões foram determinadas mediante a razão entre o volume e o tempo de cada coleta.

Curva vazão-pressão dos microtubos com múltiplas saídas

Foi montada uma bancada de ensaios composta por: uma bomba centrífuga, uma caixa d’água, um filtro de tela, uma linha lateral (LL) com diâmetro interno de 10 mm, três microtubos com múltiplas saídas, um manômetro tipo tubo U utilizando mercúrio como líquido indicador para monitorar a pressão de alimentação da linha, e três piezômetros para medir e monitorar a pressão no conector em cada microtubo com múltiplas saídas (Figura 3). Para isto, foi realizado um furo no centro da parte inferior do conector e neste foi colado um tubo o qual foi conectado ao piezômetro (Figura 4).

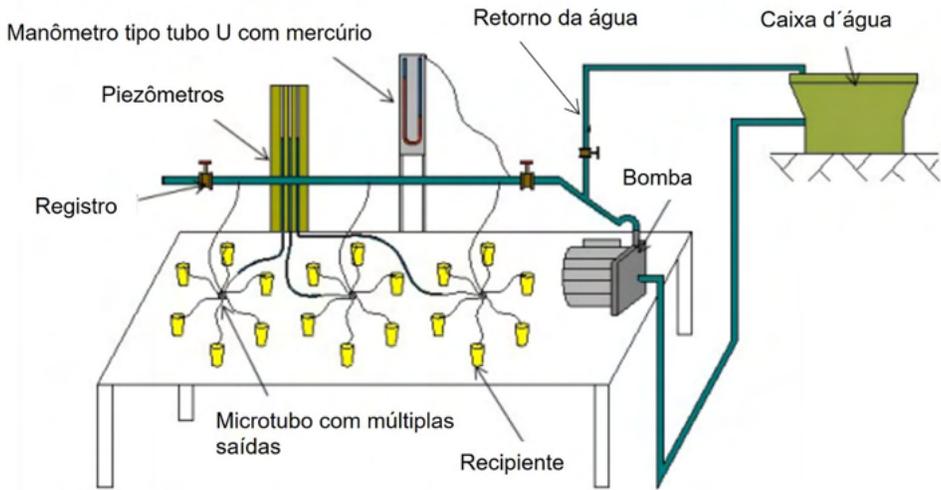



Figura 3 - Esquema da bancada de ensaio

Durante os ensaios, os três microtubos com múltiplas saídas foram colocados em funcionamento simultaneamente, os quais foram ensaiados sob diferentes pressões de entrada: 20,40; 30,31; 35,22; 40,22; 45,13; 49,05; 50,03; 55,03 e 59,93 kPa. As pressões foram reguladas por meio de dois registros sendo um instalado no início da LL e outro no final onde era realizado o controle da quantidade de água que saía no final da linha lateral. Cada teste teve três repetições.

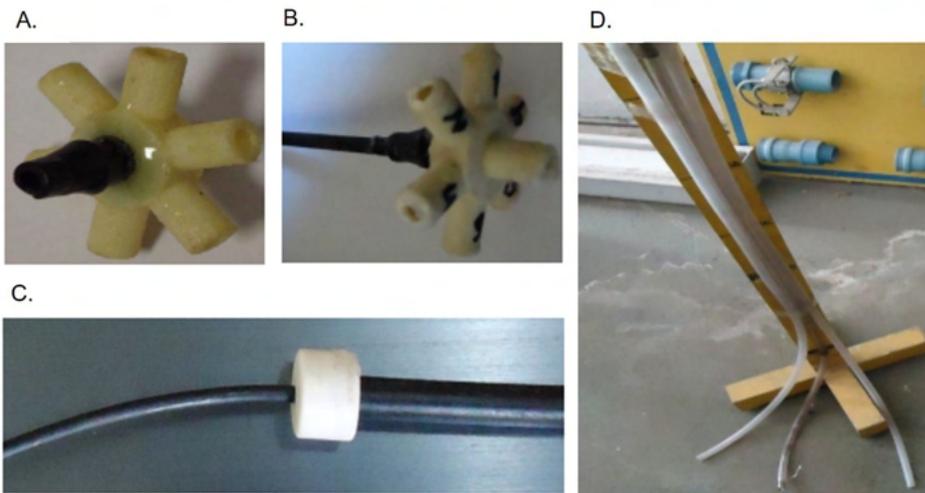



Figura 4 – Detalhes da ligação do conector ao piezômetro. A - adaptador para leitura da pressão no conetor; B - microtubo inserido no adaptador; C - conexão do microtubo ao tubo de diâmetro maior; D - piezômetros

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coeficiente de variação de fabricação dos microtubos com múltiplas saídas

O emissor avaliado apresentou um CVf próximo a 3%, valor considerado excelente segundo Solomon (1979), bom segundo a ASABE (2010); e, abaixo dos 7% especificado pela NBR ABNT IS0 9261:2006. O resultado obtido está em concordância com a afirmação de Frizzone et al. (2012), que relatam que o coeficiente de variação de vazão para microtubos, em geral é baixo, da ordem de 2% a 5%.

De acordo com Dantas Neto et al. (1997), pequenas diferenças entre dois emissores aparentemente idênticos podem ocasionar modificações significativas na vazão do sistema. Logo, a qualidade do emissor é uma informação muito importante, tendo em vista que, o alto CVf pode causar baixa uniformidade de vazão no sistema.

Frizzone et al. (2012) afirmam que qualquer desvio na geometria interna do emissor, em forma ou em tamanho, causará variação de vazão do emissor, por este motivo, se um conjunto de emissores de igual modelo for submetido à mesma pressão esses terão vazões diferentes.

Curva vazão-pressão para microtubos com múltiplas saídas

Os ensaios realizados em laboratório, com o emissor proposto, estabeleceram a relação entre a vazão e pressão dos MMS (Figura 5).

O expoente com valor de 0,8059 apresentado pela equação para MMS está de acordo com o recomendado por Keller e Karmelli (1974). Segundo esses autores, o expoente (x) da curva vazão-pressão caracteriza o regime de escoamento do emissor, em que $x = 0,5$ para o regime totalmente turbulento; $0,5 < x < 0,7$ para regime parcialmente turbulento; $0,7 < x < 1,0$ para regime de transição, e $x = 1,0$ para regime de escoamento laminar. Contudo, os mesmos autores comentam que emissores autocompensantes possuem expoentes < 0,5 (sendo o autocompensante ideal com $x = 0$).

Além disso, o coeficiente de determinação foi superior a 99,6%, demonstrando um bom ajuste dos dados observados. Elevado valor de coeficiente de determinação também foi verificado no trabalho realizado por Alves et al. (2012) que utilizaram um sistema de microirrigação com microtubos ramificados.

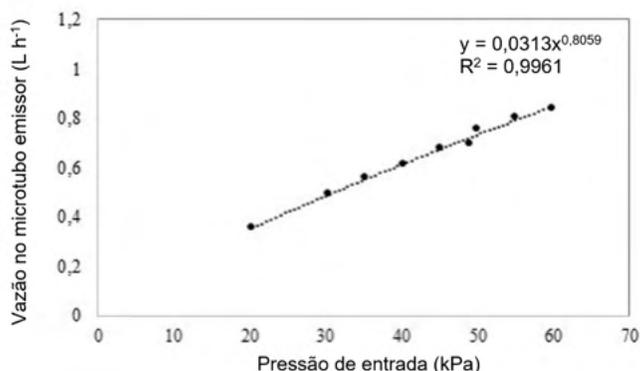



Figura 5 - Curva vazão versus pressão de entrada no microtubo com múltiplas saídas

4 | CONCLUSÕES

O emissor proposto apresentou excelente coeficiente de variação de fabricação que é um importante fator que influencia a uniformidade de emissão da água e a eficiência do sistema de irrigação.

A equação representativa da curva vazão-pressão dos microtubo com múltiplas saídas apresentou elevado coeficiente de determinação, demonstrando um bom ajuste dos dados observados.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI).

REFERÊNCIAS

Almeida, A.C.S. **Desenvolvimento de um sistema de irrigação por microaspersão com microtubos para hortas agrícolas.** 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

Almeida, C.D.G.C.; Botrel, T.A. **Determinação do diâmetro de microtubos em irrigação localizada.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 5, p. 413-417, 2010.

Almeida, C.D.G. C.; Botrel, T.A.; Smith, R.J. **Characterization of the microtube emitters used in a novel micro-sprinkler.** Irrigation Science, New York, v. 27, p. 209-214, 2009.

Alves, D.G. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação com ultra baixa vazão utilizando microtubos ramificados.** 2010. 86 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Alves, D.G.; Pinto, M.F.; Salvador, C.A.; Almeida, A.C.S.; Almeida, C.D.G.C. de; Botrel, T.A. **Modelagem para o dimensionamento de um sistema de microirrigação utilizando microtubos ramificados.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 125-132, fev. 2012.

American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE. **ASAE EP405.1: design and installation of microirrigation systems.** St. Joseph, 2010. 4 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. **NBR ISO 9261: equipamentos de irrigação agrícola. Emissores e tubos emissores. Especificação e métodos de ensaio.** São Paulo, 2006. 17 p.

Dantas Neto, J.; Medeiros, M.G.A.; Azevedo, C.A.V.; Azevedo, H.M. **Performance hidráulica e perfil de distribuição de água do microaspersor Naan 7110, sob diferentes condições de vento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 1, p. 57-61, 1997.

Frizzone, J.A.; Freitas, P.S.L. de; Rezende, R.; Faria, M.A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão.** Maringá: Eduem, 2012. 356 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**: agricultura familiar. Rio de Janeiro, 2006. 267 p.

Keller, J.; Karmeli, D. **Trickle irrigation design parameters. Transaction of the ASAE.** St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, July/Aug. 1974.

Solomon, K. **Manufacturing variation of trickle emitters. Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.22, n.5, p.1034-1038, Sept/Oct. 1979.

Souza, R.O.R.M.; Botrel, T.A. **Modelagem para o dimensionamento de microtubos em irrigação localizada.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 8, p. 16-22, 2004.

Souza, W.J. **Escoamento em regime turbulento aplicado à irrigação localizada com microtubos**. 2008. 117 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CAPÍTULO 20

QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE SINOP SOB DIFERENTES CENÁRIOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Kelte Resende Arantes
UFMT/CUS/ICAA
Sinop-MT
ORCID: 0000-0003-4007-4744

Francisco Moarcir Pinheiro Garcia *(In Memorian)*
UFMT/CUS/ICS
Sinop-MT
ORCID: 0000-0001-8284-0545

Roselene Maria Schneider
UFMT/CUS/ICAA
Sinop-MT
ORCID: 0000-0002-3167-5997

Sayonara Andrade do Couto Moreno Arantes
UFMT/CUS/ICAA
Sinop-MT
ORCID: 0000-0002-1559-1021

Milene Carvalho Bongiovani
UFMT/CUS/ICAA
Sinop-MT
ORCID: 0000-0003-2779-4245

RESUMO: A água contém geralmente diversos componentes que são oriundos da natureza ou da ação antrópica. Para caracterizar a qualidade da água são analisados diversos parâmetros, que podem ser classificados em físico, químicos e biológicos. A água oriunda de aquíferos freáticos tem sua qualidade influenciada pelas características naturais do solo, sob o qual está armazenada, ou ainda por componentes presentes no solo e sobre o solo, em virtude da atividade desenvolvida nesta região (ação antrópica). Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea no município de Sinop, estado de Mato Grosso, em dois períodos (com chuva e com estiagem) e 5 regiões com diferentes usos do solo, com base na concentração de metais pesados (bário, chumbo, cobre, Ferro, Manganês e Zinco) e nos limites estabelecidos pela Resolução de nº 396(2008) do CONAMA. Foram coletadas amostras de água em dois momentos (setembro de 2013, e março de 2014), em cinco setores com histórico de uso do solo diferentes (Rural, Industrial, Comercial, Residencial sul e Residencial norte) e em três poços de cada setor. O Delineamento adotado foi Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x2 (período x região) com 3 repetições. As médias significativamente diferentes foram submetidas ao teste de Scott-Knott. Os metais cobre,manganês e zinco, apresentaram as maiores concentrações no período chuvoso (março) enquanto o chumbo ferro e bário, foram maiores no período de estiagem (setembro). Dos metais pesquisados apenas o chumbo e o ferro apresentaram concentrações acima do estabelecido pela Resolução de nº 296(2008) do CONAM.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade, água subterrânea, Metais pesados, Estado de Mato Grosso.

GROUNDWATER QUALITY IN SINOP (BRAZIL) CITY UNDER DIFFERENT USES OF THE SOILS

ABSTRACT: Water generally contains several components that come from nature or anthropic action. To characterize water quality, several parameters are analyzed, which can be classified as physical, chemical and biological. Water from groundwater aquifers has its quality influenced by the natural characteristics of the soil, under which it is stored, or by components present in the soil and on the soil, due to the activity developed in this region (anthropic action). This review aimed to evaluate the quality of groundwater in the municipality of Sinop, State of Mato Grosso, Brazil, in two periods (with rain and drought) and 5 regions with different land uses, based on the concentration of heavy metals (barium, lead, copper, Iron, Manganese and Zinc) and the limits established by CONAMA (national environmental council of the Brazil) Resolution n° 396 (2008). Water samples were collected at two moments (September 2013, and March 2014), in five sectors with a history of different land use (Agricultural, Industrial, Central, business, South residential and North resindential) and in three wells of each sector. The design adopted was Completely Randomized (IHD), with 3 replications. Significantly different means were submitted to the Scott-Knott test. The metals copper, manganese and zinc had the highest concentrations in the rainy season (March) while lead iron and barium had the highest concentrations in the dry season (September). Only lead and iron presented concentrations above those established by Resolution n° 296(2008) of CONAMA.
KEYWORDS: Quality, groundwater, Heavy metals, Mato Grosso State, Brazil.

1 I INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas é crucial para a adequada gestão dos recursos tais como: planejamento, emissão de outorgas, cobrança pela captação e despejo etc.

No Brasil, a Agência nacional de água (ANA) ainda encontra dificuldades no monitoramento das águas superficiais, devido à ausência de redes estaduais de monitoramento, bem como da padronização das redes existentes. Com relação às águas subterrâneas não existe uma rede nacional de monitoramento (ANA, 2021)

Dentre os contaminantes que podem ser encontrados na água, os metais pesados são considerados de grande preocupação, devido a dificuldade de serem eliminados pelo organismo, acumulando-se no mesmo e levando a concentração dentro do corpo a aumentar gradativamente com o consumo da água contaminada (OGA, 2014).

O bário ocorre naturalmente na maioria das águas superficiais e sua concentração depende do teor de bário lixiviado das rochas, podendo estar presente nas águas subterrâneas. Emissões antropogênicas podem ocorrer com a queima de combustíveis fósseis. A principal via de exposição da população ao bário é a ingestão de água e alimentos. Quando essa ingestão ocorre em altas quantidades pode causar alterações no ritmo cardíaco, paralisia, e levar a óbito caso não haja tratamento (CETESB, 2014).

O chumbo está presente na água devido às descargas de efluentes das industriais de acumuladores (baterias), bem como o uso indevido de tintas, tubulações e acessórios à base de chumbo, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo. A intoxicação por chumbo gera alterações no sistema nervoso central, com consequências bastante sérias, causando inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias (CETESB, 2009).

O cobre ocorre geralmente em águas naturais em concentrações inferiores a 20 μg.L^{1}. Em pequenas quantidades é até benéfico ao organismo humano, entretanto quando em concentrações elevadas causa problemas intestinais, anorexia, hipotensão, icterícia, podendo ocorrer choque hipovolêmico e coma. (AZEVEDO, 2003). As contaminações do ambiente incluem efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de algicidas aquáticos, contaminação a partir de atividades agrícolas e chuvas contaminadas por fontes industriais (CETESB, 2012a).

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água. O carbonato ferroso é frequentemente encontrado em águas de poços com elevada concentração. Pode também ser proveniente da presença de despejos industriais. Em concentrações elevadas pode provocar cirrose, tumores hepáticos, diabetes *mellitus* e insuficiência cardíaca (CETESB, 2009).

O Mn inorgânico (retirado de rochas) é usado em diversas indústrias. As formas orgânicas são usadas em fungicidas, inibidores de fumaça, entre outros. A água subterrânea frequentemente contém níveis elevados de manganês (CETESB, 2012c). No organismo humano, o manganês é acumulado no fígado e depois levado à diferentes partes do corpo. Exposições excessivas por ingestão provoca efeitos no sistema respiratório e nervoso (O'NEAL e Zheng, 2015), causando o Manganismo, doença com efeito similar ao Parkinson (Camboim, et. al, 2018).

A concentração de zinco em água subterrânea é de 10 a 40 µg.L^{-1}. As fontes de contaminação são: mineração, produção de zinco, ferro e aço, combustão de combustíveis, incineração de resíduos e uso de fertilizantes e agrotóxicos contendo zinco. A ingestão de altas doses provoca cólicas estomacais, náuseas e vômitos, podendo causar anemia, dano ao pâncreas e diminuição de *High Density Lipoproteins*, colesterol HDL (CETESB, 2012d).

No Brasil, 39% dos municípios são abastecidos somente por águas subterrâneas. No estado de Mato Grosso 58 dos 141 municípios utilizam somente águas subterrâneas (ANA, 2010).

A agricultura em grande escala circunda a zona urbana de Sinop, com significativa utilização de agrotóxicos e fertilizantes. Existem ainda na região madeireiras e um lixão desativado que geram resíduos que infiltram no solo.

Considerando que significativa parcela da população do município de Sinop consome água oriunda de poços freáticos, o presente trabalho objetivou caracterizar a qualidade dessas águas, com relação aos metais pesados, comparando suas concentrações com os valores máximos definidos na Resolução CONAMA nº 396 de abril de 2008 e a Portaria nº

2914 de 2011 do Ministério da Saúde para consumo humano.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Catacterização da área de estudo

O município de Sinop está localizado nas coordenadas 11º50’53” de latitude Sul e 55°38’57” de longitude Oeste. O clima da região, segundo a classificação de koppen Geiger é Aw, A temperatura média anual é 25.4 °C e a pluviosidade média anual é de 1801 mm, com período chuvoso de outubro a abril e seco de maio a setembro (Cassiano et. al, 2013). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, o qual é profundo, bem drenado, com elevada porosidade e permeabilidade, ácidos, com baixa saturação de bases e baixa fertilidade, com teores de Fe2O3, entre 7% a 11% (EMBRAPA, 2006).

Segundo o Instituto de Geografia e Estatísticas (IBGE), o município possui uma área territorial de 3.990,870 km^2, apresentando uma densidade demográfica de 28,69 $hab.km^2$. Em 2021 a estimativa da população era 141.960 habitantes (IBGE, 2021). A economia é caracterizada pela atividade da indústria, comércio, agricultura e pecuária. Atualmente os principais produtos agrícolas cultivados em grandes propriedades do município são: soja, milho, arroz e algodão. (SANTOS, 2014).

O município possui sistema de tratamento de esgoto individual, através de sistemas de fossa séptica e sumidouro. Não existe escoamento de esgoto a céu aberto no município.

2.2 Definição dos pontos de amostragem

As amostras foram coletadas em dois períodos distintos: seco (setembro de 2013) e chuvoso (março 2014). A seleção dos pontos de amostragem, considerou o histórico de uso e ocupação do solo, definindo-se cinco setores distintos: **01 – Setor Rural –** composto por 03 poços, com profundidade mínima de 30m e máxima de 60 metros, distribuídos na área rural de Sinop, com uso e ocupação do solo é por grandes propriedades agrícolas que cultivam soja, milho e algodão; **02 – Setor Industrial** - composto por 03 poços, com profundidade mínima de 32 m e máxima de 45metros, o uso e ocupação dessa região é por indústrias de beneficiamento de madeireiras, Fabricação de estruturas e equipamentos metálicos, bem como oficinas mecânicas e de funilaria; **03 –Setor Central**, composto por 03 poços, com profundidade mínima de 20m e máxima de 30 metros, o uso e ocupação dessa área é por comércio em varejista, postos de gasolina, hospitais, empresas de limpeza automotiva. Esta região possui 100% das vias revestidas com asfalto; **04- Setor Residencial Sul** composto por 03 poços, com profundidade mínima de 18m e máxima de 40 metros. Possui área residencial, de comércio varejista, clínicas médicas e onde se localiza o único cemitério da cidade. Trata-se de região com valor elevado de imóveis. Esta região possui 100% das vias revestidas com asfalto; **05- Setor Residencial norte**,

composto por 03 poços, com profundidade. mínima de 9.5m e máxima de 30 metros. É uma região que inclui bairros mais antigos e populares. Possui terrenos não murados, com acúmulo de lixo. Esta região possui 60% das vias revestidas com asfalto.

2.3 Coleta, transporte e preservação das amostras

As coletas, transporte e preservação das amostras foram realizados segundo a metodologia preconizada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). O parâmetro pH, foi determinado *in situ*, no momento da coleta. A análise foi executada com auxílio de uma sonda multiparâmetros da marca Horiba®, modelo U22. A sonda foi calibrada imediatamente antes do uso em todas as coletas.

Após as coletas, as amostras foram armazenadas em frascos de vidro, preservadas com ácido nítrico (HNO_3) e conduzidas ao Laboratório de tratamento de resíduos e águas da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário de Sinop, respeitando-se as especificações de estabilidade dos analíticos. Em cada poço foi coletado 1 litro de água para análise.

2.4 Método analítico para quantificação da concentração de metais

Ao chegar no laboratório as amostras foram armazenadas entre 3ºC e 5°C em geladeira. A preparação das amostras para a quantificação de metais ocorre pelo método de digestão ácida a quente. Amostras de 245 mL de água, acrescidas de 5 ml de ácido nítrico foram aquecidas em sistema e refluxo até volume de 50 mL. As concentrações de metais foram determinadas com espectrofotômetro de absorção atômica. As curvas de calibração do equipamento foram construídas pela utilização de padrões rastreados pelo National Institute of Standards and Technology (NIST).

Delineamento experimental e análise estatística aplicada

O Delineamento experimental adotado foi Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x2, sendo 5 setores analisados (Rural, Industrial, Comercial, Residencial Sul e Residencial Norte) e 2 períodos (Chuvoso e Seco) com 3 repetições. As médias significativamente diferentes foram submetidas à teste de médias, do tipo Scott-Knott. A análise estatística foi realizada com auxílio do software SISVAR, versão 5.1 (FERREIRA, 2010).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores médios de pH nas amostras por setor, nos dois períodos avaliados são apresentadas na Tabela 1.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	4,42 b A	4.32 b A	4.37 b
Setor Industrial	4.22 b A	4.61 a A	4.41 b
Setor Central	4.91 a A	4.91 a A	4.90 a
Setor Res. Sul	4.69 a A	4.90 a A	4.80 a
Setor Res. Norte	4.47 a A	4.21 b A	4.34 b
MIS	4.54 A	4.59 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. 2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. 3- MIP –Média Independente de Períodos. 4- MIS- Média Independente de Setores.

Tabela 1. Valores médios de pH nas amostras por setor, nos dois períodos avaliados.

Observa-se na Tabela 1 que os setores Central e Residencial Sul, apresentaram valores de pH superiores aos demais, independente do período avaliado, porém ao se comparar os dois períodos, observa-se que os valores de pH não foram significativamente diferentes.

A Resolução CONAMA n° 357 de 2005 e a Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde define que a água para consumo humano deve apresentar pH entre 6 e 9, sendo assim, a água de nenhum dos poços analisados atende o padrão para consumo humano recomendado.

3.2 Bário (Ba)

Os valores das concentrações médias de Bário total nas amostras são apresentados na Tabela 2.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	45,00 a A	20,00 a B	32,50 a
Setor Industrial	46,67 a A	17,92 a B	32,50 a
Setor Central	56,67 a A	27,50 a B	42,08 a
Setor Res. Sul	27,92 b A	21,25 a A	24,60 b
Setor Res. Norte	31,67 b A	12,92 a B	22,30 b
MIS	41,58 A	19,92 B	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. 2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Concentração média de Ba total nas amostras, por setor, em cada período (valores em $\mu g.L^{-1}$).

Com base na Tabela 2 observa-se que independente dos períodos, a concentração

de bário foi significativamente maior nos setores Rural, Central e Comercial. Ao se comparar as concentrações de Bário entre período chuvoso e seco, observou-se que somente no setor residencial sul, não houve diminuição da concentração de Bário no período chuvoso. Acredita-se que essa diferença esteja relacionada com a recarga do aquífero, o que contribui para a diluição de alguns elementos, dentre eles o Bário.

A Resolução CONAMA n° 357 de 2005 e a Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, estabelece um limite máximo de Bário de 700 $\mu g.L^{-1}$ na água para consumo humano, portanto a água de todos os poços analisados atendem o padrão para consumo humano recomendado.

3.3 Chumbo (Pb)

Os valores das concentrações médias de chumbo total nas amostras por setor e período são apresentados na Tabela 3.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	17,92 a A	8,33 a B	13,13 a
Setor Industrial	14,58 a A	5,83 b B	10,21 b
Setor Central	13,33 b A	4,33 b B	8,83 b
Setor Res. Sul	14,58 a A	11,25 a A	12,92 a
Setor Res. Norte	17,92 a A	7,92 a B	12,92 a
MIS	15,67 A	7,53 B	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância. 2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

Tabela 3. Concentração média de Pb total nas amostras por setor em cada período ($\mu g.L^{-1}$).

Os valores de concentrações de Chumbo, independente dos períodos, foram significativamente inferiores para os setores Industrial e Central, indicando que as atividades da indústria e o comércio não gera contaminação por chumbo.

O período chuvoso apresentou menor concentração de chumbo, o que pode ser resultado da diluição promovida pela infiltração das águas de chuva.

O setor Residencial Sul foi o que apresentou menor redução de concentração entre períodos, o que indica existência de fonte de contaminação nessa região que compensa a diluição provocada pela infiltração das águas das chuvas.

A Resolução CONAMA nº 396 de 2008 e pela Resolução de nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde estabelecem como concentração máxima aceitável na água para consumo humano de 10 $\mu g.L^{-1}$, portanto a água de todos os poços analisados não atendem

o padrão para consumo humano recomendado, pois apresentaram valores superiores no período de seco.

Não foi identificada nenhuma fonte de contaminação por Chumbo na região.

Golin (2007), pesquisou a remoção e Pb em meios líquidos com carvão ativado e concluiu que o procedimento só é eficiente em pH > 5. Esse processo pode ser uma alternativa para tratar a água desses poços, necessitando, porém, de correção prévia do pH.

3.4 Cobre (Cu)

Os valores das concentrações médias de Cu total nas amostras por setor e períodos são apresentados na Tabela 4.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	1,53 b B	4,60 a A	3,07 a
Setor Industrial	3,57 a B	2,50 b B	3,03 a
Setor Central	2,11 b B	2,59 b B	2,35 b
Setor Res. Sul	3,29 a B	2,67 b B	2,98 a
Setor Res. Norte	1,15 b B	2,09 b B	1,62 b
MIS	2,33 A	2,90 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância. 2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

Tabela 4. Concentração média de Cu total nas amostras por setor em cada período ($\mu g.L^{-1}$).

As concentrações de Cu entre os períodos analisados não apresentaram diferença significativa, independente do setor analisado. Os setores Central e Residencial Norte apresentaram concentrações de Cu inferiores aos demais setores. Acredita-se que esse comportamento possa ser resultado de uma menor ocorrência de obras nessas regiões, principalmente relacionadas à pinturas com tintas do tipo esmalte, normalmente utilizadas em metais. No setor Rural observa-se significativo aumento da concentração de Cu no período chuvoso, o que pode ser resultante da solubilização e infiltração de micronutrientes agrícolas manipulados na propriedade.

Todas os poços apresentaram concentrações de Cu abaixo do limite máximo recomendado pela Resolução nº 396 do CONAMA (2008) e a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, que estabelecem limite máximo de 2000 $\mu g.L^{-1}$ de Cu na água para consumo humano.

3.5 Ferro (Fe)

Os valores das concentrações médias de Ferro total nas amostras por setor e períodos são apresentados na Tabela 5.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	332,50 b A	368,75 b A	350,63 b
Setor Industrial	545,83 a A	327,08 b A	436,46 a
Setor Central	450,00 a A	284,58 b A	367,29 b
Setor Res. Sul	441,25 a A	590,83 a A	516,04 a
Setor Res. Norte	130,42 b A	242,08 b A	186,25 c
MIS	380,00 A	362,67 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância. 2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

Tabela 5. Concentração média de Fe total nas amostras por setor, em cada período ($\mu g.L^{-1}$).

As concentrações de Fe não foram estatisticamente diferentes. Com exceção do Setor Residencial Norte todos Setores apresentaram concentrações acima das recomendadas pela Resolução nº 396 do CONAMA (2008) e a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, que estabelecem limite máximo de 300 $\mu g.L^{-1}$ de Fe na água para consumo humano. O Setor Central também apresentou concentrações abaixo do limite máximo recomendado, porém somente no período chuvoso. Acredita-se que a elevada concentração de Ferro seja em decorrência das características geológicas do solo da região, o qual, segundo EMBRAPA (2006), é rico nesse elemento.

Terrell (2007), avaliou a concentração de Fe em 30 poços em área de mineração e 03 deles apresentaram valores acima do estabelecido pela legislação. Somente nesses 3 poços as águas tinham valores do pH abaixo de 7,00. Esse cenário é compatível com o encontrado nesse estudo.

A remoção de ferro solúvel na água pode ser realizada transformando o carbonato de ferro em óxido férrico, através da aeração da água e posterior decantação do óxido férrico.

3.6 Manganês (Mn)

Os valores das concentrações médias do Mn total nas amostras por setor e períodos são apresentados na Tabela 6.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	1,27 b A	2,35 a A	1,81 b
Setor Industrial	1,99 b A	1,77 a A	1,88 b
Setor Central	1,50 b A	2,53 a A	2,02 b
Setor Res. Sul	3,28 a A	3,47 a A	3,37 a
Setor Res. Norte	1,52 b B	2,98 a A	2,25 b
MIS	1,91 B	2,62 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância. 2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

Tabela 6. Concentração média de Mn total nas amostras por setor e por período ($\mu g.L^{-1}$).

Os Setor analisados não apresentaram diferença significativa nas concentrações de Manganês, com exceção do Setor Residencial Sul, que foi superior, porém todos os poços apresentaram concentrações inferiores à recomendada pela Resolução nº 396 do CONAMA (2008) e a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, que estabelecem limite máximo de 100 $\mu g.L^{-1}$ de Mn na água para consumo humano.

Observou-se também que no período chuvoso houve aumento da concentração desse elemento, o que indica solubilização do Manganês a partir de uma fonte. Acredita-se que essa fonte seja o próprio solo, visto que o Manganês apresenta maior solubilidade em condições de pH reduzido, o que é observado no solo da região e nas águas dos poços analisados.

3.7 Zinco (Zn)

Os valores das concentrações médias de Zinco total nas amostras por setor, e períodos são apresentadas na Tabela 7.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	19,96 a B	55,30 a A	37,63 a
Setor Industrial	18,01 a A	25,20 b A	21,60 a
Setor Central	5,24 a B	30,07 b A	17,67 a
Setor Res. Sul	12,79 a B	42,46 a A	27,62 a
Setor Res. Norte	20,89 a A	24,21 b A	22,54 a
MIS	15,38 B	35,45 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância. 2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

Tabela 7. Concentração média de Zn total nas amostras por setor em cada período ($\mu g.L^{-1}$).

As concentrações de Zinco não foram significativamente diferentes entre setores, indiferente dos períodos, porém foram maiores no período chuvoso, indiferentes do setor. Apesar disso as concentrações observadas forma inferiores às recomendadas pela Resolução nº 396 do CONAMA (2008) e a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, que estabelecem limite máximo de 5000 $\mu g.L^{-1}$ de Mn na água para consumo humano.

O aumento das concentrações no período chuvoso indica solubilização do Manganês a partir de uma fonte, a qual acredita-se que seja o próprio solo, visto que o Zinco apresenta maior solubilidade em condições de pH reduzido, para valores de pH inferiores à 8,5, o que é observado no solo da região e nas águas dos poços analisados. Essa relação também é relatada por Oga et al (2014), os quais relatam que em solos ácidos, os metais, como o Zn, podem ser lixiviados para as águas subterrâneas, ou seja, tornando-se móvel em pH ácido.

4 | CONCLUSÕES

As águas de poços freáticos do município de Sinop não atendem o que estabelece a Resolução nº 396 do CONAMA (2008) e a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, quanto às concentrações de metais pesados na água para consumo humano.

Com relação aos metais Bário, Cobre, Manganês e Zinco, as águas oriundas de poços freáticos do município de Sinop atendem o que estabelece a Resolução nº 396 do CONAMA (2008) e a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, quanto às concentrações desses metais na água para consumo humano.

As águas de poços freáticos do município de Sinop necessitam de tratamento prévio para redução das concentrações de Chumbo e Ferro, antes de serem destinadas ao consumo humano.

As águas oriundas de poços freáticos no município de Sinop devem ter o seu potencial hidrogeniônico (pH) elevado, antes de serem destinadas para o consumo humano, atendendo o que estabelece a legislação pertinente.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **"Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional."** Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape. 2010.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Portal da qualidade das águas: **Avaliação da qualidade das águas – Introdução**. 2021. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx

APHA. American Public Health Association. **Standart Methods for the Examination for Water and Wastewater**. 21th ed. Washington D.C. 2005.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. (eds). Metais: **Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu Editora, 2003.261 p.

BRASIL. CONAMA .Conselho Nacional de Meio Ambiente , **Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. **PORTARIA Nº 2914**, **DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011** do Ministério da saúde, Dispõe sobre os procedimentos de controle da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade.2011.

CAMBOIM, S., CARVALHO, D., & REMOR, A. P. (2018). Neurotoxicidade ao manganês: uma breve revisão sobre os aspectos clínicos e bioquímicos. ***Anais De Medicina***, (1), 69–70. Recuperado de: https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/anaisdemedicina/article/view/19069

CASSIANO, C.; SOUZA, A. P. de; STANGERLIN, D. M.; PAULINO, J.; MELO R. R. de. Sazonalidade e estimativas da umidade de equilíbrio de madeiras amazônicas em Sinop, Estado de Mato Grosso. **Scientia Forestalis**., Piracicaba, v. 41, n. 100**,** p. 457-468, dez. 2013.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. Serie Relatórios, 2009. 45 p.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Cobre** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, janeiro de 2012a

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Manganês** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, novembro de 2012c.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Zinco** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, julho 2012d.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Bário** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, agosto 2014.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS, **Cultivo do Arroz de Terras Altas no Estado de Mato Grosso**, Embrapa arroz e feijão, versão eletrônica setembro de 2006. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Irriga%25EF%25BF%25BD%25EF%25BF%25BDo_000fgs623cc02wyiv8020uvkprz9cjq4.htm

FERREIRA, D. F. SISVAR - **Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

GOLIN.DM., Remoção de chumbo de meios líquidos através de Adsorção utilizando carvão ativado de origem Vegetal e resíduos vegetais. **Dissertação de mestrado** Departamento de Engenharia Hidráulica, Universidade Federal do Paraná:.Curitiba – PR. 2007.

IBGE Instituo Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/sinop.html

OGA, S.; CAMARGO, M. M. de A.;BATISTUZZO J. A. de O. **Fundamentos de toxicologia** 4ª edição, São Pulo. Editora Atheneu, 2014, 685 p.

O'NEAL, S.L., ZHENG, W. Manganês Toxicity Overexposure: A Decade in Review. **Current Envir Health Rpt 2,** 315-328 (2015). Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40572-015-0056-x

SANTOS, F.E.Luiz, **Atlas Histórico e Geográfico de Sinop**,1ª edição, Sinop – MT, Editora Gráfica Print Industria e Editora Ltda,2014,196 p.

TERRELL, D. Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de mineração de caulim: impactos e perspectivas de remediação, município de Mogi das Cruzes **(Tese de Doutorado)**, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP. São Paulo- SP. 2007.

CAPÍTULO 21

USO DE MICRORGANISMOS COMO FERRAMENTA NA MELHORIA DE EFLUENTES DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Vander Bruno dos Santos
Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa em Aquicultura
São Paulo, SP
http://lattes.cnpq.br/3137745426865676

Eduardo Medeiros Ferraz
Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa em Aquicultura
São Paulo, SP
http://lattes.cnpq.br/4187889526714693

Carlos Massatoshi Ishikawa
Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa em Aquicultura
São Paulo, SP
http://lattes.cnpq.br/9240930406954302

Fernando Calil
Biomart Nutrição Animal Importação e Exportação LTDA
Martinópolis, SP

Marcos Aureliano Silva Cerqueira
Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa em Recursos Hídricos
São Paulo, SP
http://lattes.cnpq.br/1039124382276767

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de biodegradação de produtos contendo microrganismos, melhorando a qualidade da água de efluentes sob os aspectos físico-químicos. Vinte galões de 20 litros de água de qualidade duvidosa (coletados no Rio Tietê, São Paulo, Brasil) foram mantidos em ambiente climatizado e com aeração constante. Produtos com uma mistura de microorganismos (*Bacillus licheniformis, Bacillus subtilis, Enterococcus faecium, Lactobacillus plantarum* e *Saccharomyces cerevisiae*) foram adicionados semanalmente em galões com cinco repetições. Dados de oxigênio, pH, sólidos totais dissolvidos (TDS), turbidez, amônio, nitrito, nitrato e fósforo foram plotados ao longo do tempo e o modelo exponencial foi ajustado. Todos os dados se ajustaram adequadamente ao modelo exponencial, apresentando estimativas aplicáveis e confiabilidade dos parâmetros, exceto para TDS e turbidez. O aditivo com bactérias aumentou a taxa de degradação do amônio em 9,4%, nitrito em 27,4%, nitrato em 22,2% e fósforo em 47,4%. Curiosamente, o aditivo com bactérias e *Sacharomyces cerevise* promoveu a intensificação da taxa de degradação dos compostos, principalmente para amônia (26,8%), nitrato (33,3%) e fósforo (73,4%) em relação ao grupo controle ($P<0,05$). A redução nas concentrações desses compostos ocorreu de forma exponencial e foi mais efetiva com a presença de Saccharomyces. Os produtos testados neste experimento podem ser usados com o objetivo de melhorar a qualidade de algumas águas residuais.

PALAVRAS-CHAVE: Amônio, Lactobacillus, nitrato, fósforo, Saccharomyces.

USE OF MICROORGANISMS AS A TOOL TO IMPROVE WASTEWATER EFFLUENTS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the potential of biodegradation of products containing microorganisms, improving the water quality of effluents under physical and chemical aspects. Twenty gallons of 20 liters of doubtful quality water (collected from the Tietê River, Sao Paulo, Brazil) were kept in an air-conditioned environment under constant aeration. Products with a mixed of microoganisms (*Bacillus licheniformis, Bacillus subtilis, Enterococcus faecium, Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae*) were added weekly in gallons with five replicates. Data of oxygen, pH, total dissolved solids (TDS), turbidity, amonium, nitrite, nitrate and phosphorus were plotted over time and the exponential model was fitted. All data fit adequately to exponential model, presenting applicable estimates and trustworthiness of parameters, except for TDS and turbidity. The additive with bacteria increased the ammonium degradation rate by 9.4%, nitrite 27.4%, nitrate 22.2% and phosphorus 47.4%. Interestingly, the additive with bacteria and *Sacharomyces cerevise* promoted the intensification of the degradation rate of the compounds, mainly for ammonia (26.8%), nitrate (33.3%) and phosphorus (73.4%) in relation to the control group ($P<0.05$). The reduction in the concentrations of these compounds occurred exponentially and was more effective with the presence of Saccharomyces. The products tested in this experiment could be used with the main of improve the quality of some polluted water.
KEYWORDS: Ammonium, Lactobacillus, nitrate, phosphorus, Saccharomyces.

1 | INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos sistemas de produção tem sido tema de discussão frequente em todos os setores da agroindústria e a água tem recebido atenção especial aos problemas de escassez e qualidade. Todas as atividades agroindustriais utilizam a água como recurso natural fundamental e, muitas vezes, estão sujeitas a problemas de uso múltiplo. A consciência e a preocupação com a preservação do bem-estar natural têm aumentado consideravelmente, principalmente nos períodos em que o planeta passa de mudanças climáticas e escassez de água.

Muitos corpos d'água apresentam altas concentrações de microrganismos patogênicos, fósforo, nitrogênio-amônia (nutrientes diretamente relacionados à eutrofização), metais pesados e outras substâncias que podem até causar efeitos negativos sobre o saúde pública (Abraham et al. 2007, Cunha et al, 2011).

Existem diversas tecnologias em processos de tratamento, como filtração lenta, ultrafiltração, nanofiltração, flutuação de ar dissolvido, radiação UV ou gama, adsorção em carvão ativado e solos argilosos, osmose reversa, tratamento químico (agentes oxidantes como: ozônio, cloro e dióxido de cloro , peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio entre outros) e biodegradação com eficiências em torno de 95 - 100% para remoção de compostos tóxicos na água. (Hashimoto, 2007; Albuquerque Junior, 2006).

A biodegradação é definida como a redução da complexidade dos compostos

químicos; isto é, a mudança na estrutura química de determinada substância ocasionada pelo processo biológico que, em geral, permanente o tamanho molecular (AMARANTE JUNIOR, et al. 2006). Segundo Azubuike et al (2016), várias definições foram dadas à biorremediação, com ênfase particular em um dos processos (degradação). No entanto, em alguns casos, o termo biodegradação é utilizado indistintamente com biorremediação. O primeiro é um termo, que se aplica a um processo sob o segundo. A biorremediação é definida como um processo que se baseia em mecanismos biológicos para reduzir (degradar, desintoxicar, mineralizar ou transformar) a concentração de poluentes em um estado inócuo.

Objetivou-se avaliar o potencial de biodegradação de produtos contendo microrganismos para a melhoria da qualidade de água de efluentes sob aspectos físico e químicos. O modelo exponencial foi ajustado para explicar as alterações que ocorrem com o tempo nas concentrações dos poluentes.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização, material biológico e instalações

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Água do Instituto de Pesca com sede em São Paulo, SP.

Galões de 20 litros de água qualidade duvidosa (coletada do rio Tiête) foram mantidos em ambiente climatizado sob aeração constante (Figura 1). A temperatura máxia do ambiente foi 27,9 (1,19) ºC e a mínima 26,2 (1,47) ºC. Os parâmetros físicos e químicos da água foram avalidados no inicio e a cada 15 dias após a adição dos produtos, durante 84 dias. A concentração de oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez foram obtidos pelo método da sonda multiparamétrica (Horiba U-22). As concentrações de amônio foram obtidas pelas técnicas de Solórzano (1969), nitrito e nitrato por Mackeret et al. (1978) e fósforo por Strickland e Parsons (1965).

Figura 1. Local de coleta da amostra de água: Marginal Tietê km 14 sentido oeste, São Paulo, SP no dia 28 de julho de 2016. Acondicionamento da amostra em galões de 20 litros e disposição no Laboratório de Limnologia do Instituto de Pesca.

Foi utilizado agentes biológicos desenvolvido pela empresa Biomart Nutrição Animal Importação e Exportação LTDA composto com os seguintes níveis de garantia de microrganismos: *Bacillus licheniformis* (CCT 2473) $1,5x10^9$ UFC / g, *Bacillus subtilis* (CCT 0089) $1,5x10^9$ UFC / g, *Enterococcus faecium* (CCT 6646) $1,0x10^9$ CFU / g *Lactobacillus plantarum* (CCT 7601) $1,0x10^9$ CFU / g. Foi realizada a pré-diluição do produto misturando em água limpa e sem cloro, adicionando 15 g do produto em 1 litro de água com temperatura entre 25 a 38 °C e mantido durante 24 horas em recipiente limpo, não transparente, protegido da luz direta e tampado. Após esse período a diluição foi misturada e adicionada na proporção de 1 (um) litro para cada 1000 litros de água do tanque, uma vez por semana, durante 12 semanas. Sendo assim, cada tanque recebeu a quantia de 300 mg/semana do produto, perfazendo um total de 3,6 g.

Tratamento 1 – foi realizada a pré-diluição do produto misturando em água limpa e sem cloro, adicionando 15 g do produto em 1 litro de água, sendo preparada e administrada da mesma forma da dosagem inicial, semanalmente;

Tratamento 2 - foi realizada a pré-diluição do produto misturando em água limpa e sem cloro, adicionando 15 g do produto em 1 litro de água, sendo preparada e administrada da mesma forma da dosagem inicial, semanalmente. Neste tratamento, além de todos os microrganismos do Tratamento 1, também foi adicionado *Saccharomyces cerevisiae* $1,0x10^8$ UFC/g.

Tratamento adicional foi realizado como Controle, no qual os tanques não receberam o aditivo biológico, apenas o veículo utilizado nos tratamentos anteriores que correspondeu a carbonato de cálcio e lactose.

Para a contagem de coliformes totais e fecais, foram coletadas amostras de água de cada tratamento a cada 15 dias realizando-se diluições seriadas até 10-6 em tubos contendo 9 mL de solução salina com 0,75% de NaCl. As diluições foram semeadas em placas de Petri com 20 mL de meio próprio para coliformes (Rapid *E. coli* 2 Ágar, Biorad), e incubadas por 48 horas em estufa a temperatura de 37 ºC, procedendo-se a contagem dos coliformes após este período.

2.2 Análise dos Dados

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 repetições. A análise de variância foi realizada para os dados liminológicos obtidos no início e no final do experimento. Nesse caso, o teste de Tukey foi usado para comparar os tratamentos, a 5% de probabilidade.Foi calculada a taxa de degradação (TDD) diária dos compostos nitrogenados e fósforo pela seguinte equação: $TDD = (\ln(Ci) - \ln(Cf))*100/t$, em que Ci, corresponde a concentração inicial do parâmetro limnológico e Cf, a concentração final e t, o tempo considerado.

Foi realizada a plotagem dos dados de concentração dos compostos no decorrer do tempo e ajustou-se o modelo exponencial. O ajuste deste modelo e e as estimativas dos parâmetros foram obtidas pelo método de quadrados mínimos ponderados devido a existência de heterogeneidade de variâncias (Draper & Smith, 1998, Gamito, 1998, Santos et al. 2008). O inverso da variância de peso foi usado como um fator de ponderação e, portanto, os testes F e os intervalos de confiança foram válidos. Utilizou-se a equação $y = Ae^{kx}$, onde "y" é a concentração obtida do composto; A, a concentração inicial estimada do composto; e, base natural do logaritmo; K, a taxa instantânea de variação; x, o tempo percorrido. A qualidade do ajuste foi analisada pelo número de iterações computacionais, quadrado médio do erro, intervalos de confiança para os parâmetros e R^2 Ajustado. Os parâmetros da curva para cada tratamento foram comparados por seus intervalos de confiança a 95% de probabilidade. A análise de Shapiro Wilks foi realizada para teste de normalidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra a concentração média dos componentes no início e no final do experimento. No início, todos os componentes eram semelhantes ($P > 0,05$). No entanto, diferenças nos compostos de nitrogênio e fósforo foram observadas no dia 84 do experimento ($P < 0,05$).

O oxigênio dissolvido foi monitorado a cada 15 dias, apresentando médias acima

de 5,0 mg/L, não havendo diferenças entre o grupo tratado com os produtos contendo microrganismos e o grupo Controle. Maior variação occoreu após 15 dias de experimento, com queda acentuada de 8,0 mg/l para 6,3 mg/L, sendo pequena a redução nestas concentrações após esse período (P<0,05). A variação da concentração de oxigênio dissolvido durante o tempo de experimento está apresentada na Figura 2.

Não houve influência do tratamento no pH, sendo mantido ligeiramente ácido em torno de 5,28 (0,56). Houve variação nesta acidez durante o experimento, estando apresentada na Figura 2 (P<0,05). A maior variação pode ser observada nas primeiras semanas com queda de 6,5 para 5,5.

Variáveis	Tratamento	Inicial		Final	
Oxigênio (mg/L)	Aditivo1	8,39	(0,29) *a	5,71	(0,13) a
	Aditivo2	8,09	(0,32) a	5,76	(0,07) a
	Controle	7,98	(0,02) a	5,62	(0,13) a
pH	Aditivo1	6,68	(0,19) a	4,97	(0,04) a
	Aditivo2	6,66	(0,09) a	4,96	(0,04) a
	Controle	6,48	(0,25) a	5,01	(0,02) a
Amônio (mg/L)	Aditivo1	16,22	(0,36) a	3,72	(0,06) b
	Aditivo2	14,57	(1,15) a	2,65	(0,05) c
	Controle	15,79	(1,19) a	4,11	(0,04) a
Nitrito (μg/L)	Aditivo1	435,71	(57,31) a	123,32	(1,74) b
	Aditivo2	401,85	(78,00) a	110,34	(2,10) c
	Controle	417,93	(39,06) a	155,99	(3,34) a
Nitrato (mg/L)	Aditivo1	2,02	(0,02) a	1,06	(0,023) b
	Aditivo2	2,01	(0,03) a	0,96	(0,018) c
	Controle	1,94	(0,16) a	1,14	(0,022) a
Fósforo (mg/L)	Aditivo1	476,15	(38,68) a	235,27	(2,47) b
	Aditivo2	510,26	(50,68) a	221,99	(1,96) c
	Controle	490,98	(28,92) a	303,31	(4,21) a
TDS (mg/L)	Aditivo1	0,217	(0,012) a	0,222	(0,008) a
	Aditivo2	0,221	(0,003) a	0,225	(0,004) a
	Controle	0,217	(0,008) a	0,226	(0,006) a
Turbidez (NTU)	Aditivo1	18,80	(1,30) a	8,20	(1,30) a
	Aditivo2	17,80	(1,10) a	8,80	(0,84) a
	Controle	17,00	(1,23) a	8,60	(0,89) a

*Valores seguidos de letras diferentes, na mesma coluna, não são iguais pelo teste de Tukey a 5%. TDS, sólidos dissolvidos totais.

Tabela 1. Média e desvio padrão das variáveis limnológicas no início e no final (dia 84) do experimento após diferentes tratamentos com agente microbiológico em águas residuais.

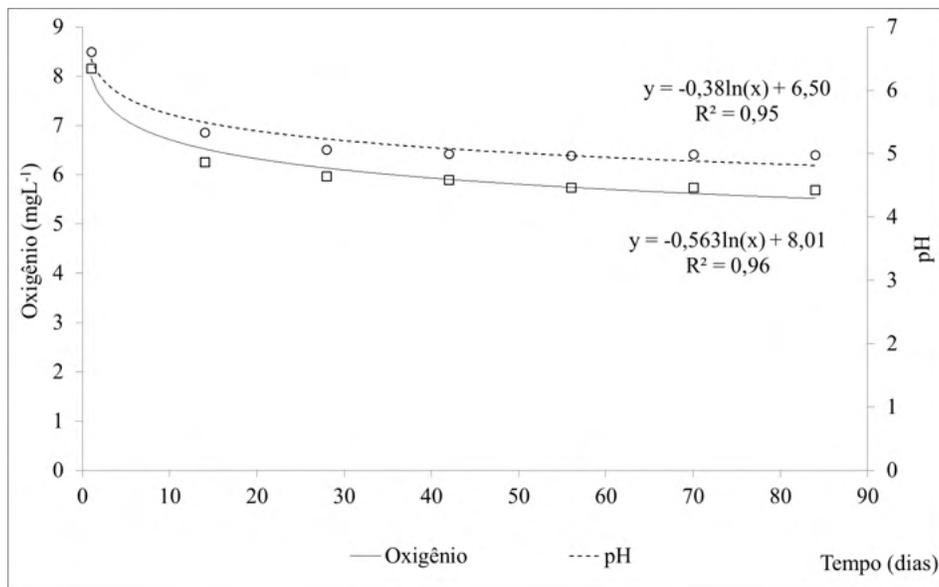



Figura 2. Variação nas concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) e pH durante a execução do experimento.

Foram observadas maiores concentrações dos compostos nitrogenados e fósforo no grupo Controle quando comparado com os tratamentos que receberam os microrganismos ao final de 84 dias de experimento ($P<0,05$). O aditivo contendo bactérias e leveduras proporcionou as menores concentrações (2,65 mg/L, 110,34 μg/L, 0,96 mg/L e 221,99 mg/L para amônio, nitrito, nitrato e fósforo respectivamente), seguido pelo aditivo contendo somente bactérias ($P<0,05$).

Amônio, nitrito, nitrato e fósforo tiveram alta variação ao longo do experimento e os dados se ajustaram ao modelo exponencial ($P <0,01$). As estimativas dos parâmetros e os intervalos de confiança estão apresentados na Tabela 2. Os dados das concentrações dos compostos X tempo se ajustaram adequadamente ao modelo exponencial, apresentando estimativas aplicáveis e confiabilidade dos parâmetros. Foram observadas baixas iterações computacionais (6 a 12), baixo quadrado médio do erro, intervalos de confiança curtos para os parâmetros e alto R^2 ajustado, indicando uma ótima qualidade dos ajustes.

Variáveis	Tratamento	Estimativa				Limites do Intervalo de Confiança			
		A		K Inferior Superior		A		K	
						Inferior	Superior		
Amônio (mg/L)	Aditivo1	18,09	A	-0,019	a	17,00	19,19	-0,0210	-0,0169
	Aditivo2	16,41	A	-0,021	a	15,37	17,44	-0,0229	-0,0183
	Controle	17,07	A	-0,016	b	16,21	17,92	-0,0174	-0,0144
Nitrito (μm/L)	Aditivo1	501,40	A	-0,015	a	459,00	543,90	-0,0168	-0,0135
	Aditivo2	458,20	A	-0,015	a	413,20	503,20	-0,0170	-0,0132
	Controle	476,20	A	-0,012	b	437,90	514,50	-0,0131	-0,0103
Nitrato (mg/L)	Aditivo1	2,19	A	-0,007	a	2,14	2,23	-0,0081	-0,0065
	Aditivo2	2,21	A	-0,008	a	2,14	2,27	-0,0092	-0,0067
	Controle	2,12	A	-0,006	a	2,07	2,16	-0,0068	-0,0051
Fósforo (mg/L)	Aditivo1	507,00	A	-0,009	a	485,20	528,70	-0,0102	-0,0079
	Aditivo2	554,90	A	-0,010	a	525,50	584,30	-0,0119	-0,0088
	Controle	509,80	A	-0,005	b	490,80	528,90	-0,0064	-0,0046

* Estimativas seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, não são iguais sobrepondo os intervalos de confiança a 5%.

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros e intervalo de confiança do modelo exponencial ajustados para dados de concentração de variáveis limnológicas após diferentes tratamentos com agente microbiológico em águas residuais

A estimativa inicial (parâmetro A) foi semelhante entre os tratamentos e o grupo controle para todas as variáveis limnológicas. No entanto, algumas diferenças podem ser encontradas na taxa de alteração (parâmetro K). As variações na concentração desses compostos com o tempo são apresentadas nas Figuras 3, 4, 5 e 6. Ajustes de regressão por modelos não lineares, como o modelo exponencial apresentado neste estudo, são mais interessantes do que modelos lineares porque apresentam a possibilidade de interpretações biológicas dos fenômenos.

As taxas de degradação diária dos compostos nitrogenados e fósforo estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que o tratamento da água com produto contendo microrganismos aumentou a taxa de degradação diária dos compostos nitrogenados (amonio, nitrito, nitrato) e fósforo.

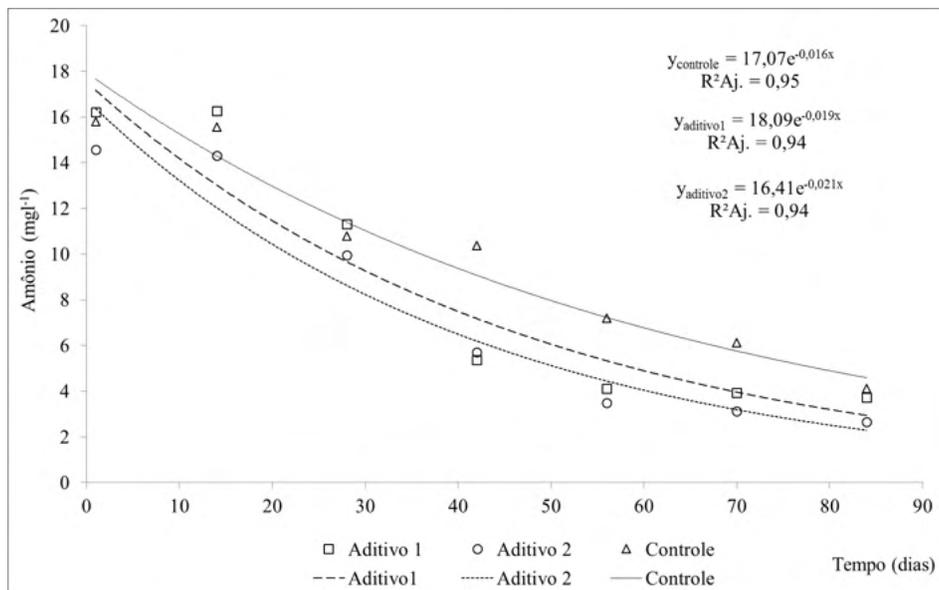



Figura 3. Variação na concentração de amônio (mg/L) durante a execução do experimento.

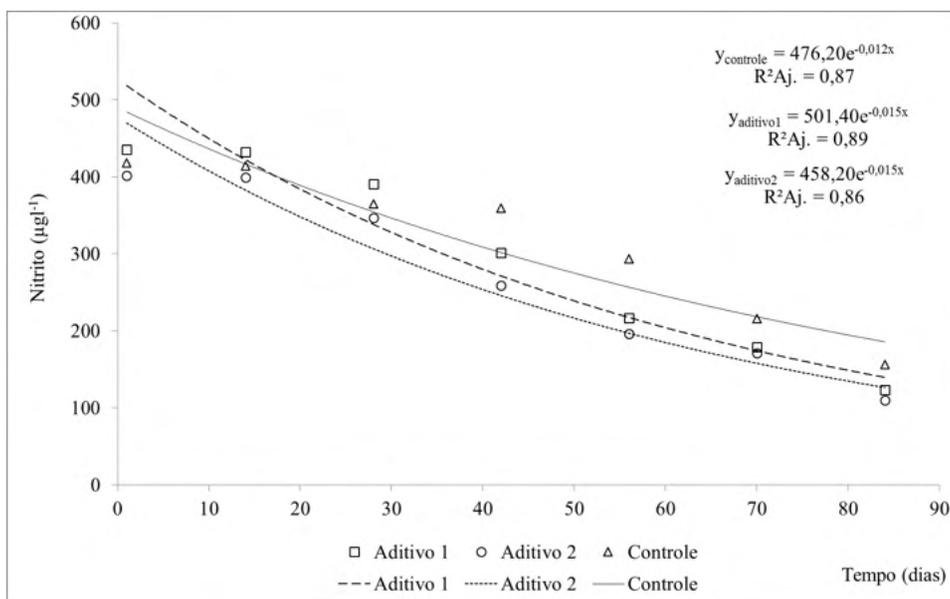



Figura 4. Variação na concentração de nitrito (μg/L) durante a execução do experimento.

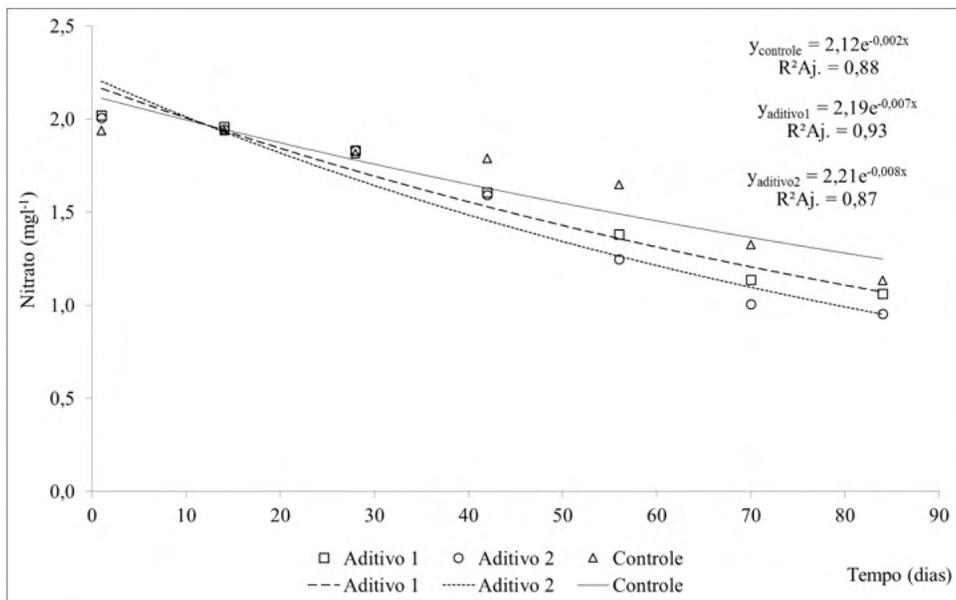



Figura 5. Variação na concentração de nitrato (mg/L) durante a execução do experimento.

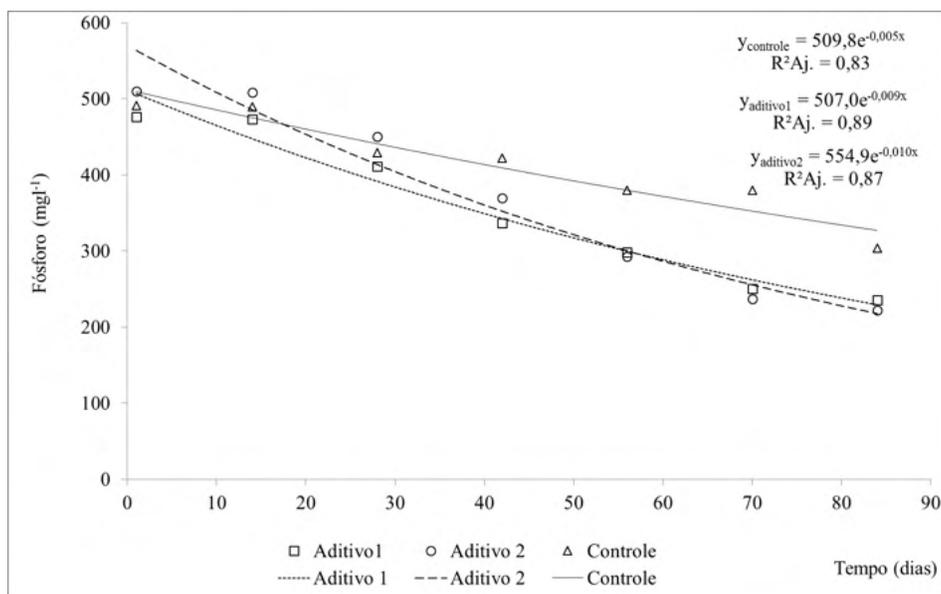



Figura 6. Variação na concentração de fósforo (mg/L) durante a execução do experimento.

As estimativas finais das concentrações de nitrogênio e fósforo pelo modelo exponencial foram 35,1, 27,7, 12,4 e 27,9% menores nos tratamentos que receberam bactérias e leveduras, seguidos do tratamento que recebeu apenas bactérias (17,6, 21,5, 7,8 e 26,3%), respectivamente para amônio, nitrito, nitrato e fósforo, quando comparados

ao grupo Controlee (Tabela 3).

O aditivo contendo bactérias aumentou em 9,4% a taxa de degradação de amonio, 27,4% de nitrito, 22,2% de nitrato e 47,4% de fósforo. Interessantemente, o acréscimo de *Sacharomyces cerevise* potencializou a taxa de degradação dos compostos, principalmente para amônio (26,8%), nitrato (33,3%) e fósforo (73,4%) em relação ao grupo Controlee. Entretanto é difícil dicerni se o efeito potencializador desta degradação do aditivo contendo levedura é inerente ao metabolismo da própria Sacharomyces ou pelo melhor aproveitamento dos metabólitos deste microoganismo pelas bactérias.

Parâmetro	Tratamento	TDD (%)		Estimativa Final
Amônio (mg/L)	Aditivo1	1,75	(0,02) b*	3,70
	Aditivo2	2,03	(0,08) a	2,91
	Controle	1,60	(0,09) c	4,49
Nitrito (μg/L)	Aditivo1	1,49	(0,17) a	139,85
	Aditivo2	1,52	(0,23) a	128,88
	Controle	1,17	(0,10) b	178,22
Nitrato (mg/L)	Aditivo1	0,77	(0,02) b	1,19
	Aditivo2	0,88	(0,02) a	1,13
	Controle	0,63	(0,11) c	1,29
Fósforo (mg/L)	Aditivo1	0,84	(0,09) b	237,06
	Aditivo2	0,99	(0,11) a	231,64
	Controle	0,57	(0,07) c	321,46

*Valores seguidos de letras diferentes, na mesma coluna, não são iguais pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 3. Taxa de degradação diária (TDD) das variáveis limnológicas e estimativa da concentração final ao 84º dia dos diferentes tratamentos com agente microbiológico em água residual.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos e o grupo Controlee para a concentração de sólidos dissolvidos totais (TDS) e turbidez. Houve alguma variação nessas concentrações durante o curso do experimento ($P<0,05$). Essas variações são mostradas na Figura 8.

As concentrações totais de sólidos dissolvidos iniciaram o experimento com 0,219 mg L-1 e ao final com 0,227 mg L-1. Esse pequeno aumento nessas concentrações pode estar relacionado à adição dos produtos (lactose e carbonato de cálcio). A diminuição da turbidez da água nas primeiras semanas (de 17,4 para 9,6 NTU) está relacionada à sedimentação das partículas em suspensão.

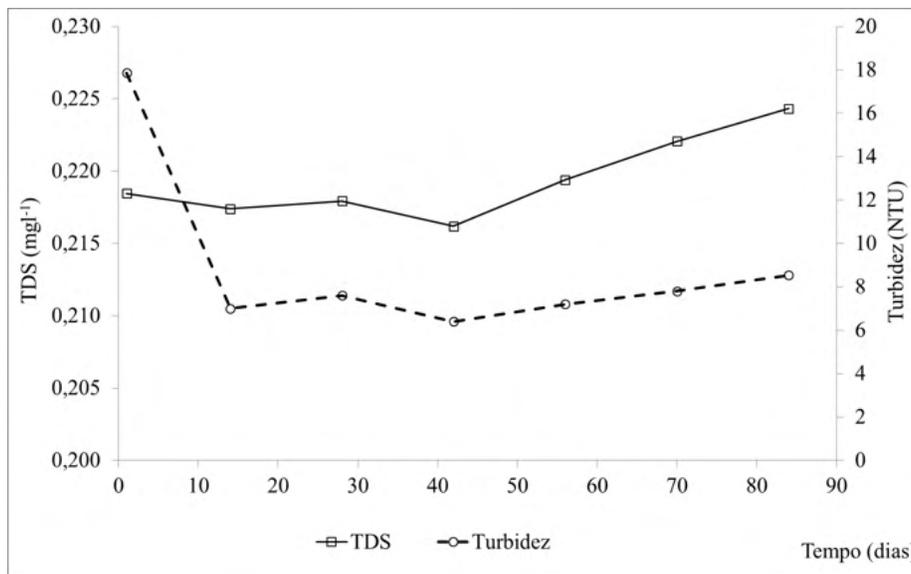



Figura 8. Variação na concentração de sólidos dissolvidos totais (mg/L) e turbidez da água (NTU) durante a execução do experimento.

Não foi encontrada diferença significativa entre os tratamento sobre a contagem de coliformes totais e fecais (P>0,05). No entanto foi verificada a queda de valores de coliformes totais e fecais ao longo do tempo, independente a aplicação do produto (P<0,05) (Figuras 9 e 10). A redução destes tipos de bactéria pode estar relacionada à possível queda dos nutrientes encontrados na água, independente à adição do produto. Para os coliformes fecais não foi possível encontrar modelo de regressão significativo que explicasse o comportamento (P>0,05).

Para MAHMUD et al. (2016), a aplicação de produtos contendo *B. subtilis* em sua formulação, além do processo de filtragem mecânica, contribuiu para redução de cianobactérias em água de cultivo de peixes. Logo, existe a possibilidade deste produto ser eficaz na redução de outros tipos de microrganismos considerados como indesejáveis para o meio ambiente, uma vez que, em sua composição, encontra-se o *B. subtilis*.

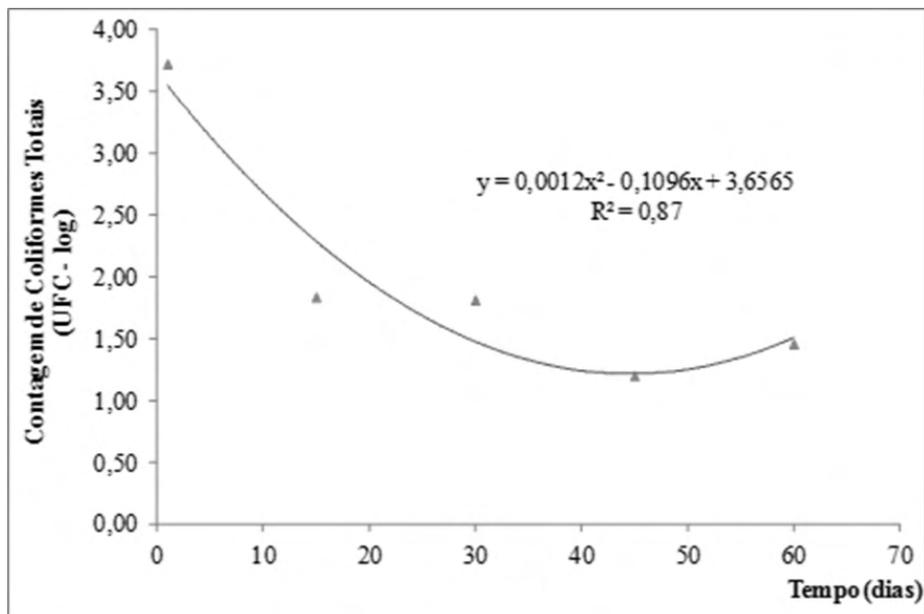



Figura 9. Contagem de coliformes totais (A) de água coletada, independente ao tratamento, analisada ao longo de 60 dias, expressos em (UFC – log). Fonte: Ishikawa et al (2017).

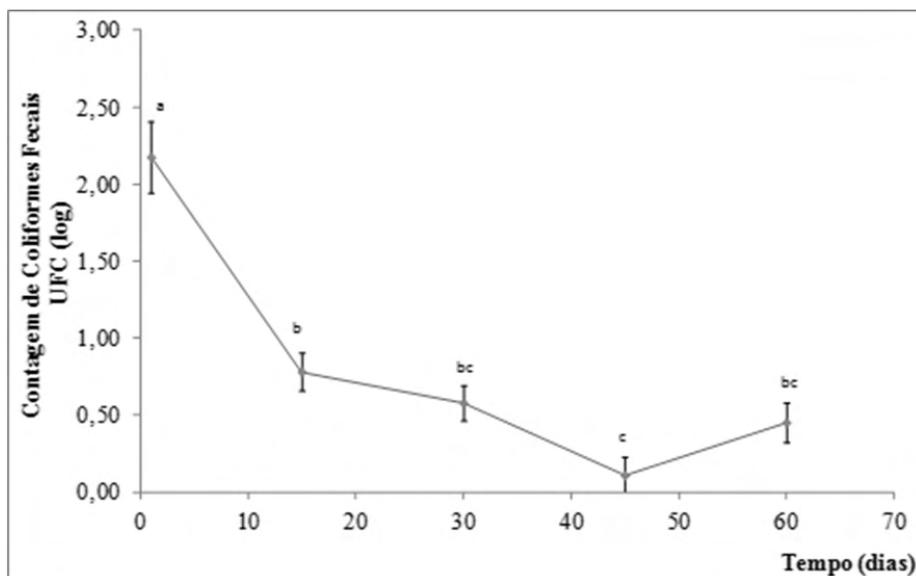



Figura 10. Contagem de coliformes fecais de água coletada, independente ao tratamento, analisada ao longo de 60 dias, expressos em (UFC – log). Fonte: Ishikawa et al (2017).

Existe uma crescente necessidade de detecção e tratamento de água contaminada, com usos sustentáveis, que são baratos e amigáveis com o ambiente e a contaminação de lagos, rios, oceanos, reservatórios e águas subterrâneas afeta não apenas os organismos que vivem dentro desses corpos de água, mas também toda a biosfera (Aracic et al., 2015).

O enriquecimento excessivo de água com nutrientes ou matéria orgânica (eutrofização), é grande ameaça para os ecossistemas aquáticos (Woodward et al., 2012). Altas concentrações de compostos nitrogenados e fosfatos resultam na formação de blooms de algas que afetam negativamente a qualidade da água e os ecossistemas (Grizzetti et al., 2012).

Em revisão realizada por Akpor e Muchie (2010), é relatado que nos sistemas de tratamento de águas residuais municipais, as variáveis comuns da qualidade da água são a demanda biológica de oxigênio (DBO), a demanda química de oxigênio (DQO), o oxigênio dissolvido (OD), os sólidos em suspensão, nitratos, nitritos e amoníaco, fosfato, salinidade e uma série de outros nutrientes e traços de metais A presença de altas concentrações desses poluentes (principalmente nitrogênio e fósforo) acima dos valores críticos estipulados por órgãos reguladores nacionais e internacionais é considerada inaceitável em corpos d'água receptores. Isto porque, além de causar um grande inconveniente nos sistemas de tratamento de águas residuais, eles também levam à eutrofização e vários impactos na saúde em seres humanos e animais.

Novas tecnologias estão sendo produzidas para auxiliar no tratamento e descarte de lodo de esgoto, de acordo com estritas regulamentações ambientais. Uma das novas tecnologias propostas é a utilização de microorganismos eficazes (EM). A tecnologia de EM foi desenvolvida durante a década de 1970 na Universidade de Ryukyus, Okinawa, Japão. Estudos têm sugerido que EM pode ter uma série de aplicações, incluindo agricultura, pecuária, jardinagem e paisagismo, compostagem, biorremediação, limpeza de fossas sépticas, Controlee de algas e uso doméstico (Khaliq et al., 2006).

Segundo Aracic et al. (2015), o excesso de nitrogênio e o fósforo na água provoca a proliferação de algas resultando em menor disponibilidade de oxigênio, recursos alimentares e habitats que peixes e outras espécies de vida aquática precisam para sobreviver. A reversão da eutrofização (oligotrofização) com a redução do nitrogênio, fósforo ou ambos é a abordagem mais eficaz em termos de custos para melhorar a qualidade da água, sendo amplamente revisada (Grizzetti et al., 2012, Woodward et al., 2012). A nitrificação, realizada principalmente por bactérias da família Nitrobacteraceae, é um processo que reduz os compostos nitrogenados do ambiente (Hagopian e Riley, 1998). Em condições anóxicas, a eficiência da nitrificação é restrita (Yoo et al., 1999).

Além disso, segundo Azubuike et al. (2016), concentrações de oxigênio e nutrientes, temperatura, pH e outros fatores abióticos que determinam o sucesso desse processo são considerações importantes antes do projeto de biorremediação. Então, o suprimento de oxigênio durante a execução deste experimento foi fundamental para o processo de nitrificação que ocorreu no grupo Controlee e mais intensamente no grupo que recebeu o produto contendo microrganismos. Isso é indicativo de que o simples processo de interrupção da fonte de contaminação, associado a oxigenação do ambiente é passo fundamental para a efetividade da descontaminação dos ambientes aquáticos.

Segundo Shalaby (2011), a operação envolve a degradação biológica de materiais orgânicos, tanto dissolvidos ou suspensos por microorganismos em condições Controleadas. O tratamento biológico pode ser realizado de várias maneiras, mas o tratamento característico do sistema é o uso de cultura microbiana mista: bactérias, fungos e / ou algas, para a conversão de poluentes. Na maioria dos casos, os materiais orgânicos são convertidos em produtos oxidados, principalmente dióxido de carbono.

Microrganismos eficazes tem sido descrito como uma multi-cultura de microorganismos benéficos anaeróbios e aeróbicos coexistentes. As principais espécies envolvidas incluem: Bactérias do ácido láctico: *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei, Streptoccus lactis; Bactérias fotossintéticas: Rhodopseudomonas palustrus, Rhodobacter spaeroides*; Leveduras: *Saccharomyces cerevisiae, Candida utilis; Actinomycetes: Streptomyces albus, Streptomyces griseus*. A base para a utilização destas espécies de microorganismos é que eles contêm vários ácidos orgânicos devido à presença de bactérias de ácido láctico, que secretam ácidos orgânicos, enzimas, antioxidantes e quelatos metálicos (Zhao et al. 2006; Ke at al., 2009)

Os principais microorganismos encontrados em influentes de águas residuais são vírus, bactérias, fungos, protozoários e nematóides. Embora a presença de alguns desses organismos na água seja considerada como fatores críticos na disseminação de doenças, eles desempenham papéis benéficos nos efluentes de águas residuais. Apesar da presença de outros microorganismos, as bactérias são tipicamente consideradas os organismos significativos, consumindo a matéria orgânica nas águas residuais (Akpor e Muchie, 2010).

Microorganismos que são amplamente responsáveis pela remoção de fósforo são chamados de organismos que acumulam polifosfato (PAOs). Estes organismos têm a capacidade de armazenar fosfato como polifosfato intracelular, conduzindo à remoção do excesso de fosfato da fase líquida (Jeon et ai. 2003; Oehmen et al., 2007). As bactérias que foram implicadas na remoção dominante de fosfato incluem Acinetobacter e Proteobacteria, Aeromonas, Vibrio, Pseudomonas e coliformes (Momba e Cloete, 1996, Sneidr et al., 1997, Akpor e Muchie, 2010).

A nitrificação no tratamento de águas residuais é comumente considerada como um processo de duas etapas. O primeiro passo é a conversão de amoníaco em nitrito por *Nitrosomonas* enquanto que o segundo passo é a posterior oxidação de nitrito em nitrato, que é comummente aceite para ser realizado por Nitrobacter (Antoniou et al., 1990). Esses gêneros são autotróficos, embora o *Nitrobacter* não seja um autotrófico obrigatório e, portanto, possa crescer usando carbono orgânico (Akpor e Muchie, 2010).

Existem dois grupos de nitrificadores (autotróficos e heterotróficos). Todo o processo de nitrificação e crescimento é equilibrado de forma muito delicada, já que ambos os grupos de nitrificadores são inibidos por altas concentrações de seus próprios substratos. Ao contrário da nitrificação autotrófica onde a nitrificação é necessária para gerar energia necessária para o crescimento, é geralmente aceito que a nitrificação heterotrófica não está

ligada ao crescimento celular (Pennington e Ellis, 1993).

Os gêneros de bactérias comuns que foram referidos como denitrifiadores incluem *Achromobacter, Aerobacter, Alcaligenes, Bacillus, Brevibacterium, Denitrobacillus, Flavobacterium, Lactobacillus, Micrococcus, Brevibacterium, Pseudomonas, Spirillum, Proteus, Xanthomonas, Staphylococcus* e *Paracoccus*.

Grande número de microrganismos contribuem ativamente para a remoção de nutrientes responsáveis pela eutrofização dos recursos hídricos, e é necessário um maior Controlee da investigação relacionada com os nutrientes, a fim de conseguir uma descarga não poluída de águas residuais. Isso ajudará a garantir decisões científicas com relação aos padrões e limitações de efluentes, conforme estabelecido por órgãos reguladores, e uma compreensão mais clara e explicação da observação sobre a vida microbiana em sistemas de tratamento de águas residuais (Akpor e Muchie, 2010).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Experiências práticas do uso do produto pela empresa Biomart demonstraram a eficácia no tratamento de reservatórios de água para bovinos, melhorando aspectos visuais e de qualidade da água em bebedouros e reservatórios de água em propriedades rurais. A empresa elaborou protocolo específico de com uso contínuo em dosagens semanais (com 20g/m³) e os resultados começaram a aparecer após a primeira semana de aplicação. A Figura 12 mostra a evolução dos resultados com a aplicação do aditivo contendo bactérias e Saccharomices em reservatórios de água para uso na agropecuária.

Figura 11. Evolução dos resultados em reservatório de água que recebeu semanalmente o aditivo biológico contendo bactérias e Saccharomices. A) Primeira aplicação; B) 2ª aplicação (aos 7 dias de tratamento) ; C) 3ª aplicação (aos 15 dias); D) 4ª aplicação (aos 30 dias).

Nas observações à campo foram detectados o despredimento do lodo do fundo dos reservatórios utilizados na agropecuária, facilitando a retirada manual e a diminuição do acúmulo de lodo em viveiros de produção de tilápias.

Os microrganismos presentes no produto adicionado às águas residuais, proporcionaram maior taxa de decomposição de compostos nitrogenados (amônio, nitrito e nitrato) e fósforo. A redução nas concentrações desses compostos ocorreu de forma exponencial e foi mais efetiva com a presença de Saccharomyces. Assim, os produtos testados neste experimento poderão ser utilizados com o objetivo de melhorar a qualidade de águas residuais e de diversos outros usos na agricultura e pecuária.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, W. R., MACEDO, A. J., GOMES, L. H., TTAVARES, F. C. A. (2007). **Occurrence and resistance of pathogenic bacteria along the Tietê River downstream of São Paulo in Brazil**. Clean - Soil, Air, Water 35, 339–347. doi:10.1002/clen.200700011

AKPOR O. B., MUCHIE M. **Bioremediation of polluted wastewater influent:** Fósforo and nitrogen removal. Scientific Research and Essays Vol. 5(21), pp. 3222-3230, 2010.

ALBUQUERQUE JUNIOR, E. C. **Produção e caracterização de carvão ativado para remoção de microcistinas**. 2006. 239 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2006.

AMARANTE JUNIOR, O. P. VIEIRA, E. M. COELHO, R. S. Poluentes Orgânicos Dinâmica, destino e determinação no ambiente. v 1, São Carlos: Editora: **RIMA**, 2006.

ANTONIOU P., HAMILTON J., KOOPMAN B., JAHI R., HOLLOWAY B., LYBERTOS G., SVORONOS S.A. **Effect of temperature and pH on the effective maximum specific growth rate of nitrifying bacteria**. Water Res., 24(1): 97-101. 1990.

ARACIC S., MANNA S., PETROVSKI S., WILTSHIRE J.L., MANN G., FRANKS A.E. **Innovative biological approaches for monitoring and improving water quality**. Front. Microbiol. 6:826. (2015)

AZUBUIKE, C. C, CHIKERE, C. B., OKPOKWASILI, G. C**.** Bioremediation techniques-classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects **World J Microbiol Biotechnol** 32:180. 2016.

CUNHA, D. G. F., GRULL, D., DAMATO, M., BLUM, J. R.C., EIGER, S., LUTTI, J.E.I., & MANCUSO, P. C.S. (2011). **Annals of the Brazilian Academy of Sciences** 83, 1465-1479.

DRAPER, N.R., SMITH, H., 1998. **Applied Regression Analysis**, 3rd ed. Wiley, New York. 706 pp.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO. Aspects of FAO's policies, programmes, budget and activities aimed at contributing to sustainable development. Document to the Ninety-fourth Session of the FAO Council, Rome: FAO, 1988.

GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. **Ecological Modelling**, v. 113, n. 1-3, p. 83-94, 1998.

GRIZZETTI, B., BOURAOUI, F., ALOE , A. Changes of nitrogen and Fósforo loads to European seas. **Glob.Chang.Biol**. 18, 769–782. (2012).

HAGOPIAN, D. S., RILEY, J. G. A closer look at the bacteriology of nitrification. **Aquacult. Eng**. 18, 223–244. 1998.

HASHIMOTO, E. H. **Avanço Metodológico no BioControlee de Cianobactérias Toxigênicas com Ênfase a Degradação de Microcistina-LR e Bioensaio na Qualidade de Água e Piscicultura**. 2007. 134 f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação em Ciências de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, UEL, 2007.

ISHIKAWA C.M., OSTI G.S., NATORI M.M., SANTOS, V.B. **Aplicação de agente biológico como biorremediador de água de efluentes**. Resumos expandidos da 12ª Reunião Científica do Instituto de Pesca. Reunião Científica do Instituto de Pesca, São Paulo. 2017.

JEON C.O., LEE D.S., PARKER J.M. Microbial communities in activated sludge performing enhanced biological Fósforo removal in sequencing batch reactor. **Water Res**., 37: 2115-2205. 2003.

KE B, XU Z, LING Y, QIU W, XU Y, HIGA T, et al. Modulation of experimental osteoporosis in rats by the antioxidant beverage effective microorganisms-X (EM-X). **Biomed Pharmacother** 63(2): 114-119. 2009.

KHALIQ A., ABBASI MK, HUSSAIN T. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. **Biores Tech** 97: 967-972. 2006.

MACKERETH, F. J. H., HERON, J., TALLING, J. F. (1979). **Water Analysis**: Some Revised Methods for Limnologists. doi:10.1002/iroh.19790640404

MAHMUD, S., ALI, M.L., ALAM, M.A., RAHMAN, M.M., JØRGENSEN, N.O.G. Effect of probiotic and sand filtration treatments on water quality and growth of tilapia (Oreochromis niloticus) and pangas (Pangasianodon hypophthalmus) in earthen ponds of southern Bangladesh. **Journal of Applied Aquaculture** 28 (3):199-212. 2016.

MOMBA M.N.B., CLOETE T.E. Biomass relationship to growth and phosphate uptake of Pseudomonas fluorescens, Escherichia coli and Acinetobacter radioresistens in mixed liquor medium. **J. Ind. Microbiol**., 16: 364-369. 1996.

OEHMEN A., LEMOS P.C., CARVALHO G., YUAN Z., KELER J., BLACKALL L.L., REIS A.M.M. Advances in enhanced biological Fósforo: from micro to macro scale. **Water Res**., 41: 2271-2300. 2007.

PENNINGTON P.I., ELLIS R.C. Autotrophic and heterotrophic nitrification in Acidic forest and native grassland soils. **Soil Biol. Biochem**., 25(10): 1399-1408. 1993.

SANTOS, V. B.; YOSHIHARA, E.; FREITAS, R. T. F.; REIS NETO, R. V. Exponential growth model of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) strains considering heteroscedastic variance. **Aquaculture**, v. 274, n. 1, p. 96-100, 2008.

SHALABY, E. A.. Prospects of effective microorganisms technology in wastes Tratamento in Egypt. **Asian Pac J Trop Biomed** 1(3): 243-248. 2011.

SNAIDR J., AMANN R., HUBER I., LUDWIG W., SCHLEIFER K H. Phylogenetic analysis and in situ identification of bacteria in activated sludge. **Appl. Environ. Microbiol**., 67(7): 2884-2896. 1997.

SOLÓRZANO, L.. **Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method**. Limnology and Oceanography 14, 799–801. doi:10.4319/lo.1969.14.5.0799

STRICKLAND, J. D. H., PARSON, T. R. (1965). **A manual of sea water analysis**. Fisheries Research Board of Canada Bulletin, 1–185.

WOODWARD,G., GESSNER,M.O., GILLER,P.S., GULIS,V., HLADYZ,S., LECERF,A.. Continental-scale effects of nutrient pollution on stream ecosystem functioning. **Science** 336, 1438–1440. 2012.

YOO, H., AHN, K.-H., LEE, H.-J., LEE, K.-H., KWAK,Y.-J., SONG,K.-G. Nitrogen removal from synthetic waste water by simultaneous nitrification and denitrification (SND) via Nitrito in an intermittently-aerated reactor. **Water Res**. 33, 145–154. 1999.

ZHAO X., WANG Y., YE Z.F., NI J.R. Kinetics in the process of oil field wastewater Tratamento by effective microbe B350. **China Water Wastewater** 11: 350-357. 2006.

SOBRE OS ORGANIZADORES

PEDRO HENRIQUE ABREU MOURA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e Doutor em Agronomia/Fitotecnia pela mesma instituição, onde também realizou pós-doutorado na área de fruticultura. Desde 2015, atua como pesquisador na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), lotado no Campo Experimental de Maria da Fé. Desenvolve pesquisa e extensão nas áreas de Olivicultura e Fruticultura. Participa na organização de eventos de transferência e difusão de tecnologias para produtores, técnicos e estudantes, bem como ações de popularização da Ciência para a comunidade em geral. É membro do corpo editorial da Atena Editora. Possui experiência na área de Fruticultura, principalmente no manejo de oliveira e de outras frutíferas de clima temperado.

VANESSA DA FONTOURA CUSTÓDIO MONTEIRO - Doutora (2017) e mestra (2014) em Botânica Aplicada pela Universidade Federal de Lavras. Possui pós-graduação *lato sensu* em Avaliação de Flora e Fauna em Estudos Ambientais (2011) pela mesma instituição. Bacharel em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Barra Mansa (2009) e licenciada pela Universidade Vale do Rio Verde (2011). É professora colaboradora na Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS). No ensino superior, já atuou como professora formadora no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), e ocupou o cargo de professora substituta na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Também já ministrou aulas de Biologia no Cursinho Assistencial e Centro de Inteligência e Cultura (CACIC). Foi bolsista de Apoio Técnico na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) - Campo Experimental de Maria da Fé. É membro do corpo editorial da Atena Editora. Possui experiência na área de Botânica, com ênfase em Ecofisiologia Vegetal, Ecologia e Educação Ambiental.

ÍNDICE REMISSIVO

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

O

P

Q

R

S

V

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Inovação e tecnologia nas CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Ano 2021

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Inovação e tecnologia nas CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Ano 2021